

Patrícia Vieira Ramos

## **RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PROTOCOLOS INCREMENTAL E CONSTANTE DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE**

Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-graduação em Educação Física da  
Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau de  
Mestre em Educação Física.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Cíntia de la  
Rocha Freitas

Coorientador: Prof. Dr. Luiz  
Guilherme Antonacci Guglielmo

Florianópolis

2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

Ramos, Patrícia Vieira

Respostas fisiológicas em protocolos incremental e constante de ciclismo aquático e terrestre / Patrícia Vieira Ramos ; orientadora, Cíntia de la Rocha Freitas ; coorientador, Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo. - Florianópolis, SC, 2015.

95 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Desportos. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

Inclui referências

1. Educação Física. 2. Avaliação aeróbia. 3. Ciclismo. 4. Limiares de lactato. 5. Exercício Aquático. I. Freitas, Cíntia de la Rocha. II. Guglielmo, Luiz Guilherme Antonacci . III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. IV. Título.

Patrícia Vieira Ramos

**RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PROTOCOLOS  
INCREMENTAL E CONSTANTE DE CICLISMO AQUÁTICO  
E TERRESTRE**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Educação Física” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Educação Física.

Florianópolis, 25 de maio de 2015.

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo

**Banca Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cintia de la Rocha Freitas  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo  
Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosane Carla Rosendo  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Daniele Detanico  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof.Dr.Vitor Pereira Costa  
Universidade Estadual de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus familiares, amigos, colegas de pesquisa e aos professores de Educação Física.



## AGRADECIMENTOS

Não foi fácil deixar meu emprego de professora de natação e voltar a estudar depois de 15 anos de experiência. Agradeço aos meus familiares, em especial, ao meu marido Fernando, minha mãe Nádia e as minhas tias Neuceli e Nice (que são minhas mães postças) por todo o apoio recebido para que eu realizasse essa jornada.

Agradeço também, ao meu irmão Fernando porque eu sempre quis ser esportista e habilidosa como ele, e por isso me apaixonei pela natação e por essa profissão. Aos meus irmãos Cristiane e Guilherme, eu agradeço a amizade, a cumplicidade e a confiança nos bons e maus momentos de nossas vidas. Todos vocês são muito importantes em minha trajetória de vida, obrigada! Espero que se orgulhem de mim por ter realizado este trabalho!

Agradeço também aos meus professores orientadores, Cíntia e Luiz Guilherme. Muito obrigada por me aceitarem em seu grupo de estudos, por me ajudarem no planejamento e desenvolvimento deste projeto e, principalmente, por sua disponibilidade, atenção e pela forma respeitosa com que sempre me trataram e ensinaram.

Luiz, e sua esposa a Profa. Alcyane me incentivaram a cursar o mestrado em Educação Física, me ajudaram a trilhar um caminho profissional bastante promissor.

Cíntia, minha querida orientadora, sempre encarou os meus desafios do mestrado junto comigo, ajudou a cumprir minhas metas do mestrado e trabalhou com muita alegria e disposição. Obrigada professores queridos pelo incentivo e dedicação! Espero continuar trabalhando com vocês por muitos anos!

Agradeço também à ajuda muito especializada dos profs. Ricardo Dantas de Lucas, Vitor Pereira Costa, Rosane Carla Rosendo da Silva e Maria Lúcia B. V. Vasconcelos (Profa. de Inglês). Sinto-me privilegiada pela oportunidade de conhecê-los e de realizar meu mestrado sob sua colaboração! Todos vocês são excelentes professores, fontes de inspiração e de informação. Obrigada por terem sido pacientes e por dividirem seu conhecimento comigo! Um agradecimento especial ao Ricardo que, desde minha primeira semana no LAEF, vem me ajudando a construir a minha pesquisa e a dissertação!

Mas não basta a ajuda da família e dos professores para realizar um mestrado acadêmico. A colaboração dos meus amigos e colegas do mestrado foi fundamental para a conclusão do mestrado: Elisa, Ortiz, PC, Kristopher, Naia, Juliano Fernandes, Marília, Anderson, Pri, Fran, Lucas Loyola, Pablo, Bruno, Josefina, Rapha Costa, Rapha Sacugawa,

Tati, Mateus, Daniele, Julianodal Pupo, Diogo, Luiz Antônio, Moane, João, Jonathan, Carminatti, Jolmerson!

Além de todos esses colegas, agradeço também a importante ajuda recebida durante a coleta dos dados pelos alunos graduandos Matheus, Lucas e Bibiana. Dona Rose, servidora da UFSC e dona do cafezinho salvador, obrigada por sua colaboração e afeto!

Enfim, gostaria de dedicar este trabalho a mais duas pessoas: minha avó Nelcy e a meu pai Edson (in memoriam). Minha avó, por meio de suas orações, me ajudou a suportar as dificuldades e me ensinou uma lição de fé e amor! Com Edson, meu pai, eu vivi momentos sempre muito emocionantes e intensos. Ele faleceu no mesmo dia, e na mesma hora, em que foi divulgado o resultado do edital de mestrado confirmando a minha matrícula como aluna regular. A esta enorme coincidência de fatos, portanto, devo agradecer à Deus! Por causa de motivos como este, que nem sempre a ciência que pode explicar, me aproxima de Deus e aumenta a minha fé!

Muito obrigada!



## **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi comparar respostas fisiológicas obtidas em protocolos incremental e constante de ciclismo aquático e terrestre. Um grupo com 15 sujeitos realizou dois protocolos incrementais máximos de ciclismo nos meios líquido e terrestre. A intensidade do protocolo iniciava em 45RPM de cadência e aumentava 5RPM a cada três minutos no ciclismo aquático, mas no protocolo incremental de ciclismo terrestre, a intensidade iniciava em 50W e aumentava 25W a cada 3 minutos. Durante a realização desses protocolos foram obtidas as repostas fisiológicas  $\text{VO}_2$ , FC, VE, pulso de  $\text{O}_2$  e [La] no esforço máximo e nas intensidades correspondentes ao LL, ao Lan e ao  $\Delta 50$ . Além disso, foram estimados os valores de potência de pedalada para o ciclismo aquático e comparados aos de ciclismo terrestre. Em seguida, uma amostra composta por seis sujeitos, dentre os 15 avaliados nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre, realizou mais dois protocolos constantes de ciclismo nos meios líquido e terrestre. Os protocolos constantes foram realizados na intensidade correspondente ao  $\Delta 50$ , determinada anteriormente nos protocolos incrementais, e conduzidos até o Tlim para obtenção das variáveis fisiológicas  $\text{VO}_2$ , FC, VE, pulso de  $\text{O}_2$  no terceiro minuto e no Tlim. Já a [La], no entanto, foi obtida no décimo e trigésimo minutos e no Tlim. O teste de Shapiro-wilk foi usado para medir a normalidade dos dados. O teste T Student e/ou Wilcoxon foram utilizados para comparar as respostas fisiológicas e as medidas de potência de pedalada de ciclismo aquático e terrestre. A análise de regressão linear simples foi empregada para estimar os valores de potência de pedalada do ciclismo aquático. O método estatístico Anova two-way de medidas repetidas foi utilizado para comparar as [La] obtidas ao longo do tempo nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre. Foi empregado um intervalo de 95% de confiança. Além disso, o ETM e o CV% foram empregados para medir a variabilidade das respostas fisiológicas entre ciclismo aquático e terrestre. Os resultados dos protocolos incrementais mostraram que os sujeitos alcançaram a exaustão com  $\text{RPM}_{\text{max}}=84\pm 5\text{RPM}$  ( $\text{P}_{\text{max}}=206\text{W}$ ) no ciclismo aquático e com  $\text{P}_{\text{max}}=221\pm 44\text{W}$  no ciclismo terrestre. A  $\text{FC}_{\text{max}}$  foi menor no ciclismo aquático ( $171\pm 12\text{bpm}$  vs  $176\pm 9\text{bpm}$ ), mas as medidas de  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ,  $\text{VE}_{\text{max}}$  e [La]<sub>max</sub> não foram diferentes entre os meios líquido e terrestre. Além disso, nos limiares fisiológicos LL e Lan e no  $\Delta 50$  foi observada uma redução significativa no  $\text{VO}_2$ , tanto em termos absoluto e relativo à massa corporal, o que representou uma redução de cerca de

200ml/l (2,5ml/kg/min). As medidas estimadas de potência de pedalada foram significativamente inferiores no ciclismo aquático ( $p<0,001$ ). Nos protocolos constantes, o Tlim alcançado pelos sujeitos no ciclismo aquático ( $41\pm7$ min) foi muito próximo ao Tlim alcançado por eles no ciclismo terrestre ( $43\pm7$ min). Embora o Tlim não tenha sido diferente nos ambientes aquático e terrestre, foi observada uma diferença na magnitude do  $\text{VO}_2$  durante o ciclismo aquático, o que foi de 1 a 4% menos elevado do que no ciclismo terrestre; assim como na magnitude da [La], a qual estabilizou em um nível mais elevado durante o protocolo constante de ciclismo aquático ( $6,9\pm0,2$ mol/l vs  $6,0\pm0,2$ mmol). Entretanto, em todos os protocolos realizados, incrementais e constantes, as respostas das variáveis  $\text{VO}_2$ , FC e [La] apresentaram comportamento similar entre o meio líquido e terrestre. Pode-se concluir que houve diferença entre as respostas fisiológicas nos protocolos incremental e constante de ciclismo aquático e terrestre, embora a potência aeróbia máxima e o Tlim não tenham sido diferentes no meio líquido e terrestre.

Palavras-chave: Avaliação aeróbia; ciclismo; limiares de lactato, exercício aquático.

## ABSTRACT

The aim of this study was to compare physiological responses obtained in incremental and constant protocols of underwater and land cycling. A group with 15 subjects performed two maximal incremental cycling protocols in water and land environments. Underwater cycling protocol intensity began at 45 RPM and increased 5RPM every three minutes, but land cycling incremental protocol began with power output of 50W and increased 25W every 3 minutes. During the protocols were obtained physiological responses of  $\text{VO}_2$ , FC, VE,  $\text{O}_2$  pulse and [La] at maximum effort, LL, Lan and  $\Delta 50$ . Furthermore, power output values were estimated for underwater cycling and compared to land cycling results. Subsequently, a sample formed by six subjects, among the 15 subjects evaluated during underwater and land cycling incremental protocols, performed two constant cycling protocols. Constant protocols were performed until Tlim in underwater and also land cycling at  $\Delta 50$  intensity, which were previously determined in incremental protocols. Physiologic responses  $\text{VO}_2$ , FC, VE,  $\text{O}_2$  pulse were obtained at third minute and Tlim, however [La] were obtained at third and thirtieth exercise minutes and at Tlim. Shapiro-Wilk test was used to measure data normality. Student T and Wilcoxon tests were used to compare the physiological responses and power output measurements of underwater and land cycling. Simple linear regression analysis was used to estimate power output values of underwater cycling. An ANOVA two-way of repeated measures was used to compare [La] obtained during constant cycling protocols. A range of 95% of confidence was employed. Further, ETM and CV% were used to compare physiological responses variability between underwater and land cycling. Results of incremental protocols showed that the subjects reached exhaustion with  $\text{RPM}_{\text{max}}=84\pm 5\text{RPM}$  ( $\text{P}_{\text{max}}=206\text{W}$ ) in underwater cycling and  $\text{P}_{\text{max}}=221\pm 44\text{W}$  in land cycling.  $\text{FC}_{\text{max}}$  was lower in underwater cycling than in land cycling ( $171 \pm 12\text{bpm}$  vs  $176 \pm 9\text{bpm}$ ), but  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ,  $\text{VE}_{\text{max}}$  and  $[\text{La}]_{\text{max}}$  did not differ between land and water environments. In addition, a significant reduction of 200ml/l (2,5ml/kg/min) was observed in  $\text{VO}_2$  response at LL, Lan and at  $\Delta 50$  in underwater cycling. Power output were also significantly lower in underwater cycling ( $p < 0.001$ ). Subjects achieved Tlim very similar in underwater cycling and land cycling constant protocols ( $41 \pm 7\text{ min}$  vs  $43 \pm 7\text{ min}$ ). Although Tlim has not been different, it was observed a reduced  $\text{VO}_2$  magnitude, which was 1-4% lower in underwater cycling than in land cycling; as well as [La] stabilized at a highest level during

the constant underwater cycling protocol ( $6.9 \pm 0.2 \text{ mol} / \text{l}$  vs  $6.0 \pm 0.2 \text{ mmol}$ ). However,  $\text{VO}_2$ , FC and [La] behaviors were similar during all protocols. In conclusion, that there were differences between physiological responses obtained in underwater and land cycling incremental and constant protocols, although maximal aerobic power and  $T_{lim}$  have not been different between water and land environments.

Keywords: Aerobic evaluation, Cycling, Lactate thresholds, Aquatic Exercise.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Respostas de [La] e de VO <sub>2</sub> em exercício constante realizado nos três diferentes domínios de intensidade. Retirado de Jones et al. (2011). .....	18
<b>Figura 2:</b> Identificação dos domínios fisiológicos de exercício em protocolo incremental.....	19
<b>Figura 3:</b> Bicicleta aquática R4.2 e bicicleta eletromagnética Lode ....	22
<b>Figura 4:</b> Relação entre o VO <sub>2</sub> e a intensidade de cada estágio dos testes incrementais de ciclismo aquático e terrestre.....	27
<b>Figura 5:</b> Relação entre a resposta do VO <sub>2</sub> e da FC em protocolos incrementais máximos de ciclismo aquático e terrestre. ....	28
<b>Figura 6:</b> Relação entre a resposta da [La] e a intensidade de pedalada em cada um dos estágios dos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre. ....	29
<b>Figura 7:</b> Análise de regressão linear simples utilizada para estimar individualmente a potência de pedalada no ciclismo aquático a partir da relação do consumo de oxigênio com a potência de pedalada no ciclismo terrestre (CA ciclismo aquático e CT ciclismo terrestre) .....	32
<b>Figura 8:</b> Resultados de Tlim alcançados em protocolo constante no ciclismo aquático e terrestre.....	35
<b>Figura 9:</b> Comportamento do consumo de oxigênio em termos absoluto (parte superior da Figura) e em termos relativos (parte inferior da figura) nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre. ....	37
<b>Figura 10:</b> Comportamento do lactato sanguíneo nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre.....	38
<b>Figura 11:</b> Comportamento das variáveis VE, FC e pulso de O <sub>2</sub> obtidas nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre. ....	39



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Respostas fisiológicas máximas obtidas nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre.....	29
<b>Tabela 2:</b> Respostas fisiológicas obtidas no LL determinado nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre .....	30
<b>Tabela 3:</b> Respostas fisiológicas obtidas no Lan em protocolo incremental máximo de ciclismo aquático e terrestre. ....	31
<b>Tabela 4:</b> Respostas fisiológicas obtidas no $\Delta 50$ em protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre. ....	31
<b>Tabela 5:</b> Potência de pedalada correspondente ao LL, Lan, $\Delta 50$ e à Pmax em protocolo incremental máximo de ciclismo terrestre e estimado por regressão linear simples no ciclismo aquático.....	33
<b>Tabela 6:</b> Resultados de %VO <sub>2</sub> max, %FCmax, %RPMmax e %Pmax em que foram alcançados o LL, Lan e o $\Delta 50$ .....	34
<b>Tabela 7:</b> Respostas fisiológicas obtidas no terceiro minuto e no Tlim dos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre. ....	36
<b>Tabela 8:</b> Concentração de lactato sanguíneo em protocolo constante de ciclismo aquático e terrestre realizado no $\Delta 50$ .....	37





## **LISTA DE ANEXOS**

<b>Anexo 1:</b> Termo de Consentimento Livre Esclarecido .....	65
<b>Anexo 2:</b> Questionário Par-Q .....	69
<b>Anexo 3:</b> Parecer Concubstanciado do CEP.....	71



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

**FC:** frequência cardíaca  
**FCmax:** frequência cardíaca máxima  
**%FCmax:** percentual da frequência cardíaca máxima  
**VO<sub>2</sub>:** consumo de oxigênio  
**VO<sub>2</sub>max:** consumo máximo de oxigênio  
**%VO<sub>2</sub>max:** percentual do consumo máximo de oxigênio  
**VE:** ventilação pulmonar  
**VEmax:** ventilação pulmonar máxima  
**VS:** volume sistólico  
**Pulso de O<sub>2</sub>:** pulso de oxigênio  
**[La]:** concentração de lactato sanguíneo  
**[La]max:** concentração máxima de lactato sanguíneo arterial  
**LL:** limiar de lactato  
**Lan:** limiar anaeróbio  
**Δ 50:** 50% do delta entre o LL e o VO<sub>2</sub>max  
**Tlim:** tempo limite de exercício  
**MFEL:** máxima fase estável de lactato  
**bpm:** batimentos por minuto  
**RPM:** rotações por minuto  
**RPMmax:** cadência máxima  
**%RPMmax:** percentual da cadência máxima  
**Pmax:** potência máxima  
**%Pmax:** percentual da potência máxima  
**W:** Watts  
**min:** minutos  
**l/min:** litros por minuto  
**ml/kg/min:** mililitros por quilograma de massa corporal por minuto  
**mmol/l:** milimolares por litro  
**mlO<sub>2</sub>/bat:** mililitros de oxigênio por batimento cardíaco  
**ETM:** erro típico de medida  
**CV%:** coeficiente de variação percentual  
**r:** coeficiente de correlação de Pearson  
**b:** coeficiente de inclinação da reta



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1.	OBJETIVOS	4
1.1.1	Objetivo geral	4
1.1.2	Objetivos Específicos	4
1.2	HIPÓTESES	4
1.3	JUSTIFICATIVAS	5
1.4	DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS	6
1.5	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	8
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>9</b>
2.1	CICLISMO AQUÁTICO	9
2.2	RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PROTOCOLOS INCREMENTAIS DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE	10
2.3	RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PROTOCOLOS CONSTANTES DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE	13
2.4	DOMÍNIOS FISIOLÓGICOS DE INTENSIDADE DE ESFORÇO	17
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	21
3.2	PARTICIPANTES DO ESTUDO	21
3.3.1	Protocolo Incremental Máximo	22
3.3.3	Medidas antropométricas e a determinação da composição corporal	24
3.3.4	Obtenção e determinação das respostas fisiológicas	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>27</b>
4.1	RESULTADOS DOS PROTOCOLOS INCREMENTAIS MÁXIMOS	27
4.2	RESULTADOS DOS PROTOCOLOS CONSTANTES	34
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>41</b>
5.3	PROTOCOLO INCREMENTAL MÁXIMO DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE	41
5.5.1	Resultados máximos de respostas fisiológicas e de intensidade de esforço	42
5.1.2	Resultados submáximos obtidos nos limites de intensidade do domínio fisiológico pesado de exercício	46
5.5	PROTOCOLO CONSTANTE DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE	52
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>57</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>59</b>



## 1 INTRODUÇÃO

As comparações das respostas fisiológicas, obtidas no ciclismo em ambiente aquático e terrestre, são essenciais para a prescrição de exercício aeróbio e para a elaboração de modelos de treinamento visando o aprimoramento da aptidão cardiorrespiratória em meio líquido. As respostas fisiológicas são geralmente analisadas durante a realização de protocolos incrementais e constantes e fornecem medidas precisas sobre o nível de capacidade aeróbia de um indivíduo, o que favorece a sua utilização na avaliação e na prescrição de exercícios aeróbios (DENADAI, 1999; MAUGHAN; GLESSON, 2004; MENEGHELO et al., 2010).

De acordo com GAESSER e POOLE (1996), com relação aos protocolos de exercício contante, no domínio fisiológico considerado moderado, o  $\text{VO}_2$  alcança um estado estável entre 2 a 3 min de exercício acompanhado de baixos níveis de [La]. Em contrapartida, nos exercícios constantes realizados no domínio fisiológico pesado, o  $\text{VO}_2$  pode demorar de 15-20 minutos para estabilizar com uma elevação no nível de estabilização na [La] em relação ao exercício moderado. Já em exercícios realizados no domínio fisiológico severo, o  $\text{VO}_2$  aumenta progressivamente até atingir o seu máximo ao final do exercício, ocorrendo também um acúmulo exponencial de lactato sanguíneo.

Esses domínios fisiológicos de intensidade podem ser identificados na curva de lactato sanguíneo, a qual é obtida em protocolo incremental com estágios que duram de três a cinco minutos (HECK; MADER; HESI, 1985). A curva de lactato sanguíneo é bastante sensível às alterações periféricas tais como na densidade mitocondrial, densidade de capilares sanguíneos e a composição de fibras musculares. Um deslocamento dessa curva de [La] para a direita pode indicar aumento da capacidade aeróbia e, por outro lado, caso a curva se desloque para a esquerda, pode indicar diminuição dessa capacidade. No entanto, a curva de lactato por si só não é suficiente para identificar diferenças no nível de capacidade aeróbia e, por isso, o conceito dos limiares de transição fisiológica, baseados na determinação dos domínios fisiológicos, são importante para garantir a precisão na avaliação da capacidade aeróbia em protocolos incremental e constante (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009).

O primeiro limiar fisiológico, chamado LL, pode ser usado para delimitar a transição do domínio fisiológico moderado para o pesado e corresponde à maior intensidade anterior ao aumento exponencial da [La] acima da linha de base (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Já

o segundo limiar fisiológico, chamado MFEL, delimita a transição entre o domínio fisiológico pesado e o severo e, pode ser identificado como sendo a intensidade de exercício correspondente à maior [La] possível de ser alcançada sem que ocorra um acúmulo progressivo da concentração de lactato sanguíneo [La] (BILLAT et al., 2003). Devido à necessidade de realização de inúmeros testes de esforço para determinar a MFEL, alguns métodos indiretos vêm sendo apontados na literatura, propondo a utilização de um único teste incremental. Um desses métodos envolve a identificação do  $L_{an}$ , o qual alguns autores sugerem que seja a intensidade correspondente à [La] fixa de 4mmol/l (SJODIN; JACOBS; SVEDENHAG, 1982). Outro interessante método para conhecer a intensidade que delimita o domínio fisiológico pesado e o severo, conhecido como  $\Delta 50$ , também parece corresponder à MFEL (CARTER et al., 2000; LANSLEY et al., 2011).

A avaliação precisa de respostas fisiológicas ajuda na prescrição da intensidade das sessões de exercício aeróbio, de forma que a sobrecarga utilizada deve respeitar o nível de capacidade aeróbia e a modalidade esportiva praticada (MAUGHAN; GLESSON, 2004). A prescrição de exercícios aeróbios é geralmente realizada com base em  $\%VO_{2MAX}$ ,  $\%FC_{max}$  e da intensidade máxima. No entanto, há poucos estudos comparando respostas fisiológicas de ciclismo aquático e de terrestre, visando melhorar a prescrição de exercício aeróbio no ciclismo aquático (REF). Além disso, as pesquisas encontradas até agora, não exploraram a utilização dos domínios fisiológicos nem para comparar respostas fisiológicas obtidas em protocolo incremental (ALMELING et al., 2006; CARVALHO, 2008; CHEN et al., 1996; CHRISTIE et al., 1990; CONNELLY et al., 1990; SHELD AHL et al., 1987) e nem em protocolo constante (BENELLI; DITROILO; VITO, 2004; BRÉCHAT et al., 1999, 2013).

Um estudo desenvolvido por Connelly et al. (1990) investigou se a [La] seria a mesma em diferentes intensidades de protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre. Neste caso, os resultados da [La] foram inferiores no ciclismo aquático, sugerindo uma diminuição do estresse fisiológico decorrente de um ajuste do fluxo sanguíneo causado pela imersão do corpo em meio líquido. Esses pesquisadores não consideraram o conceito dos limiares fisiológicos em sua análise e, dessa forma, as respostas fisiológicas submáximas apresentadas por esses autores podem ter sido comparadas em níveis diferentes de esforço, limitando a sua conclusão, evidenciando uma carência por mais estudos abordando uma metodologia voltada para a identificação dos domínios fisiológicos. Esse mesmo tipo de carência



também pôde ser observado quando são analisados os outros estudos que também compararam respostas fisiológicas obtidas em protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre, refletindo em uma enorme contradição nos resultados reportados nestes estudos (ALMELING et al., 2006; CHEN et al., 1996; CHRISTIE et al., 1990; SHELDAHL et al., 1987).

Este cenário também é observado ao analisar estudos que compararam respostas fisiológicas obtidas em protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre. Bréchat et al. (1999, 2013), por exemplo, compararam respostas cardiorrespiratórias de nove sujeitos em protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre realizado a 60%  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ , mas também realizado em uma mesma potência de pedalada (REF). Estes pesquisadores verificaram alterações significativas nas respostas cardiorrespiratórias durante o ciclismo em meio líquido e maior nível de estresse fisiológico em meio líquido. Por outro lado, Benelli et al. (2004) verificaram atenuação do estresse fisiológico no ciclismo aquático ao compararem as respostas de FC e [La] com as de ciclismo terrestre, contradizendo os resultados apresentados por Bréchat. Essa contradição de resultado pode ser um reflexo da forma como foi estipulada a intensidade nos testes destes estudos, uma vez que nenhum deles abordou a metodologia baseada no modelo dos domínios fisiológicos de intensidade de esforço.

E ao contrário deles todos, Finkelstein et al. (2011, 2012) ao compararem respostas fisiológicas de protocolo constante de ciclismo aquático e terrestre, em intensidade de pedalada determinada a partir dos domínios fisiológicos, não observaram diferença em respostas cardiorrespiratórias. A intensidade que eles utilizaram recebe o nome de primeiro limiar ventilatório, o qual corresponderia ao LL. Além disso, estes pesquisadores não analisaram a resposta da [La] e nem o Tlim de exercício nos protocolos constnates, medidas essas sensíveis às mudanças no nível de capacidade aeróbia e importantes na avaliação do desempenho físico (BARON et al., 2008; BILLAT et al., 2004; FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009).

Desse modo, com base nas premissas apresentadas, formulou-se o problema de pesquisa: as respostas fisiológicas obtidas em protocolos incremental e constante de ciclismo aquático serão iguais ou diferentes das mesmas respostas obtidas no ciclismo em ambiente terrestre quando é considerado o conceito dos domínios fisiológicos de intensidade de esforço?

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Determinar e comparar as respostas fisiológicas em diferentes protocolos conduzidos até a exaustão no ciclismo em ambiente aquático e terrestre.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Identificar e comparar as respostas fisiológicas ( $\text{VO}_2\text{max}$ ,  $\text{VEmax}$ ,  $[\text{La}]\text{max}$ ,  $\text{FCmax}$  e pulso de  $\text{O}_2\text{max}$ ), em protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre.

Determinar os índices fisiológicos LL, Lan e  $\Delta 50$  em protocolo incremental máximo de ciclismo aquático e terrestre e comparar as medidas das respostas fisiológicas FC,  $\text{VO}_2$ , VE,  $[\text{La}]$  e pulso de  $\text{O}_2$  correspondentes.

Estimar a potência de pedalada no ciclismo aquático no LL, Lan,  $\Delta 50$  e a Pmax para comparar com os valores de potência obtidos no ciclismo terrestre.

Analisar as respostas fisiológicas FC,  $\text{VO}_2$ , VE,  $[\text{La}]$ , pulso de  $\text{O}_2$  em protocolo constante realizado na intensidade do  $\Delta 50$  no ciclismo aquático e terrestre.

Analisar o Tlim alcançado no protocolo constante de ciclismo aquático e terrestre.

Analisar o comportamento das variáveis fisiológicas  $\text{VO}_2$ , da FC e da  $[\text{La}]$  obtidas nos protocolos incremental e constante.

## 1.2 HIPÓTESES

H1: Haverá diferenças entre variáveis fisiológicas obtidas em meio líquido e terrestre durante o ciclismo

H2: As respostas fisiológicas máximas alcançadas pelos sujeitos serão as mesmas no ciclismo aquático e terrestre, com exceção das medidas de  $\text{FCmax}$  e  $[\text{La}]\text{MAX}$  que serão inferiores em meio líquido.

H3: As respostas fisiológicas  $\text{VO}_2$ , FC,  $[\text{La}]$ , pulso de  $\text{O}_2$  e VE serão as mesmas no LL de ciclismo aquático e terrestre, porém a FC e a  $[\text{La}]$  poderão ser menos elevadas no Lan e no  $\Delta 50$  do ciclismo praticado em meio líquido.

H4: Os resultados de potência de pedalada no LL,  $\Delta 50$  e de  $P_{max}$  estimadas par o ciclismo aquático serão inferiores às de ciclismo terrestre.

H5: As respostas fisiológicas obtidas em protocolo constante não serão diferentes entre os ciclismo aquático e terrestre, com exceção da  $[La]$  que poderá ser inferior ou superior em meio líquido.

H6: O  $T_{lim}$  no ciclismo aquático será menor do no que ciclismo terrestre.

H7: As variáveis fisiológicas  $VO_2$ , FC e  $[La]$  apresentarão o mesmo padrão de comportamento ao longo dos protocolos incremental e constante de ciclismo aquático e terrestre.

### 1.3 JUSTIFICATIVAS

O ciclismo aquático é uma modalidade bastante praticada nas academias de ginástica e o nível de intensidade das sessões de treinamento podem variar bastante (BARROS et al., 2009; BRASIL et al., 2011; FERREIRA et al., 2005). No entanto, devido à carência de mais informações sobre o comportamento das respostas cardiorrespiratórias e metabólicas em protocolo incremental e constante de ciclismo aquático, há limitação quanto à prescrição de modelos de treinamento e de exercício aeróbio em vista do aprimoramento do condicionamento físico.

A maioria das pessoas acreditam que o ciclismo aquático seja uma atividade mais interessante para grupos de pessoas com lesões ósteo-articulares, idosas ou que necessitem realizar exercícios com menor impacto e com menor nível de estresse fisiológico. Por esses motivos e em função de resultados apresentados por alguns estudos (CONNELLY et al., 1990; MASI et al., 2007; WILCOCK, 1952), muitos dos alunos praticantes de ciclismo aquático possuem algumas dessas características citadas.

Acredita-se que um aumento de fluxo sanguíneo durante a imersão possa contribuir para melhorar a capacidade de transporte de gases e substratos, facilitando o metabolismo energético e reduzindo o estresse fisiológico e a sobrecarga mecânica. Mas, também há estudos reportando a inexistência de alteração no estresse fisiológico, assim como há os que reportaram aumento desse estresse no ciclismo aquático. Assim, considerando tamanha contradição de resultados, há uma grande possibilidade de a prescrição imprecisa das intensidades de treinamento nesta modalidade ser muito grande, o que pode colocar em risco a saúde de alunos com as características descritas acima.

Dessa forma, o desencontro de informações existentes em pesquisas que comparam o ciclismo terrestre e aquático, associada à carência de estudos sobre o nível de estresse fisiológico com base na identificação dos domínios de intensidade, limitam as inferências de resultados para melhorar a prescrição de exercício e tornam necessária a realização de mais investigações.

A presente pesquisa foi desenvolvida, portanto, para comparar resultados de respostas fisiológicas de ciclismo aquático e terrestre, com base na identificação do domínio fisiológico pesado de intensidade de exercício, em protocolos incremental e constante, conduzidos até a exaustão. Dessa forma, pretende-se reduzir essas lacunas existentes na literatura e contribuir para esclarecer questões a respeito da prescrição de exercício de alta intensidade no ciclismo aquático.

#### 1.4 DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

##### Frequência cardíaca (FC) e Frequência Cardíaca Máxima (FCmax)

A FC representa o ritmo de bombeamento do coração e responde às alterações na demanda energética durante o exercício para garantir o fornecimento de nutrientes e oxigênio aos músculos ativos. A FC é expressa em batimentos por minuto (bpm) e está diretamente relacionada ao  $\text{VO}_2$ ; sendo a FCmax o mais elevado ritmo de bombeamento do coração possível de ser atingido em esforço por um indivíduo (POWERS; HOWLEY, 2000). Na presente pesquisa, a FC foi determinada em intensidades submáximas (LL, Lan,  $\Delta 50$  e TE) nos protocolos incremental e constante e, no esforço máximo, apenas no protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre.

##### Consumo de Oxigênio ( $\text{VO}_2$ ) e Consumo Máximo de Oxigênio ( $\text{VO}_{2\text{max}}$ )

O  $\text{VO}_2$  reflete o nível de captação de oxigênio pela musculatura ativa para a produção de energia aeróbia. A mais alta captação de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar, é chamada de  $\text{VO}_{2\text{max}}$  (ASTRAND, 1952). Na presente pesquisa, o  $\text{VO}_2$  foi determinado em intensidades submáximas (LL, Lan,  $\Delta 50$  e TE) nos protocolos incremental e constante e, no esforço máximo, apenas no protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre. O  $\text{VO}_2$  foi considerado máximo ao atender pelo menos três dos critérios descritos no item Material e Métodos da presente pesquisa.

Limite inferior do domínio pesado de exercício: limiar de lactato (LL)

O LL é um índice fisiológico bastante aceito como sendo limite inferior do domínio pesado em protocolos incrementais com estágios de 3-5 minutos de duração. Nesta pesquisa, o LL foi identificado como sendo a [La] na maior intensidade anterior ao aumento exponencial da [La] acima da linha de base em protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre (DENADAI, 1999).

Limite superior do domínio pesado de exercício: limiar anaeróbio (Lan) e  $\Delta 50$

Limiar anaeróbio (Lan) é considerado uma medida indireta da máxima fase estável de lactato (DENADAI, 2000). Na presente pesquisa ele será identificado como sendo a intensidade correspondente a [La] de 4mmol/l (HECK; MADER; HESI, 1985; SJODIN; JACOBS; SVEDENHAG, 1982).

O termo  $\Delta 50$  representa 50% do delta entre a intensidade do LL e do  $VO_2\text{max}$  (LANSLEY et al., 2011). Na presente pesquisa foram comparadas respostas fisiológicas na intensidade correspondente ao  $\Delta 50$  tanto em protocolo incremental máximo quanto no constante de ciclismo aquático e terrestre.

Ventilação pulmonar (VE)

A VE expressa uma quantidade de ar movimentada através dos pulmões a cada respiração (l/min) (POWERS; HOWLEY, 2000). Na presente pesquisa a VE será determinada nas intensidades submáximas relativas aos limiares e ao  $\Delta 50$ , na intensidade máxima no protocolo incremental e ao longo do tempo no protocolo constante.

Pulso de oxigênio (pulso de  $O_2$ )

O pulso de  $O_2$  pode ser utilizado como uma estimativa deste desempenho porque reflete alteração no drift cardiovascular em protocolo constante, de forma que se a FC aumentar progressivamente e houver manutenção do pulso de  $O_2$ , acredita-se na hipótese de manutenção do VS (WINGO et al., 2005). O pulso de  $O_2$  será identificado e comparado nos protocolos incremental e constante de ciclismo aquático e terrestre.

## Tempo limite (Tlim)

O tempo máximo que um indivíduo pode tolerar realizando um exercício é chamado de Tlim é geralmente utilizado para medir o nível de tolerância (fadiga) durante exercícios aeróbios de média e longa duração (BILLAT et al., 1994). Na presente pesquisa, todos os indivíduos foram estimulados a pedalar até atingirem a exaustão voluntária no protocolo constante para a obtenção do Tlim no ciclismo aquático e terrestre.

### 1.5 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo delimitou-se a investigar as respostas cardiorrespiratórias e metabólicas em diferentes protocolos até a exaustão, no ciclismo aquático e terrestre, em sujeitos saudáveis e ativos do sexo masculino.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CICLISMO AQUÁTICO

É notório o aumento na quantidade de praticantes de ciclismo em programas de treinamento físico oferecidos pelas academias de ginástica, em especial, o ciclismo aquático. Essa forma de ciclismo propicia aos praticantes um ambiente de integração social e de lazer, associado à facilidade de execução de movimento e ao baixo impacto (BRASIL; MASI, 2004). Além disso, a prática regular dessa modalidade promove o aprimoramento aptidão física aeróbia, beneficiando a saúde e a qualidade de vida de seus praticantes (AQUATIC EXERCISE ASSOCIATION, 2011; SHELDAHL et al., 1986).

O aprimoramento da aptidão aeróbia depende da intensidade e da frequência em que o exercício é realizado, sendo a intensidade um dos principais aspectos que devem ser considerados na elaboração de programas de treinamento aeróbio (MAUGHAN; GLESSON, 2004). No sentido de avaliar a aptidão aeróbia de indivíduos saudáveis em meio líquido, Morlock e Dressendorfer (1974) e Sogabe et al. (1987) investigaram se as bicicletas aquáticas permitiam este tipo e avaliação e encontraram elevados níveis de consumo de oxigênio ( $2,0$  a  $3,0 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) em velocidades de pedalada que variaram de 60-70RPM.

O controle da intensidade nas bicicletas aquáticas depende de ajustes na cadência, sem que a medida de potência de pedalada seja conhecida. Esta característica de manipulação da intensidade no ciclismo aquático parece não limitar a capacidade dos indivíduos em alcançarem o  $\text{VO}_2\text{max}$ , mas pode variar quanto ao ritmo necessário para alcançá-lo (GIACOMINI et al., 2009). Devido a esta diferença existente entre os modelos de bicicletas aquáticas, torna-se difícil inferir os resultados absolutos de intensidade submáximas e máximas, obtidos nesses estudos, para prescrever treinamento aeróbio nesta modalidade. Por esse motivo, a relativização da intensidade de treinamento, com base no esforço máximo alcançado em protocolo incremental, parece ser mais confiável do que a utilização de cadências em valores absolutos quando se pretende investigar a prescrição de treinamento no ciclismo aquático.

É curioso observar também, que em ambos os estudos realizados antes de 1990, o  $\text{VO}_2$  apresentou um comportamento exponencial em relação ao aumento de intensidade de exercício. Os autores destes estudos argumentaram que o aumento da velocidade dos pedais na bicicleta aquática não proporcionaram um aumento linear na potência de

pedalada, o que provocou o mesmo tipo de alteração no  $\text{VO}_2$ . Para eles, variáveis como o arrasto, a viscosidade e densidade da água, associados à força de empuxo, dificultaram a elevação na produção de potência muscular, mas não a elevação do esforço cardiorrespiratório. Com base nesses resultados, seria impossível comparar o ciclismo aquático ao terrestre sem que adaptações fossem realizadas nessas bicicletas para que a potência de pedalada pudesse ser controlada.

Entretanto, estudos mais recentes a estes relataram uma relação linear e positiva entre o  $\text{VO}_2$  e o aumento de intensidade no ciclismo aquático, de forma que a resistência da água ao movimento pareceu não ter interferido na linearidade do aumento da intensidade, e de  $\text{VO}_2$ , nos modelos de bicicletas aquáticas usados por eles (CHEN et al., 1996; GIACOMINI et al., 2009). Há, portanto, a perspectiva de que ocorra aumentos lineares de potência em bicicleta aquática como foi observado nos modelos de bicicletas testados por Giacomini et al. (2009) e por Chen et al. (1996). Com isso, as comparações entre as respostas fisiológicas de ciclismo aquático e terrestre parecem ser viáveis sem que haja necessidade de fazer modificações nas bicicletas aquáticas, embora o nível de eficiência mecânica em meio líquido possa ser prejudicado em decorrência da ação das forças de empuxo e de arrasto, por exemplo (ALMELING et al., 2006; CHEN et al., 1996).

Apesar de a literatura confirmar a eficiência da bicicleta aquática para a avaliação aeróbia devido à grande contradição e viés metodológico nos estudos comparando respostas fisiológicas no ciclismo aquático e terrestre, há uma evidente necessidade de mais investigações que contribuam para melhorar a prescrição de treinamento em meio líquido, o que será abordado em maior profundidade nos próximos tópicos desta revisão.

## 2.2 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PROTOCOLOS INCREMENTAIS DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE

O exercício incremental é amplamente reconhecido por sua eficácia na determinação do nível de capacidade e de potência aeróbia de um indivíduo (AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE, 2009). O aumento gradual na intensidade do esforço físico provoca elevação na demanda energética muscular e complexos ajustes no sistema cardiorrespiratório e metabólico, a fim de garantir a ressíntese de ATP e a continuidade do exercício. A avaliação aeróbia mede, portanto, a eficiência com que esses sistemas fisiológicos interagem para fornecer energia aos músculos ativos (POWERS; HOWLEY, 2000).



Atletas de endurance, por exemplo, responde mais eficientemente ao aumento da demanda energética durante o exercício incremental porque alcançam a sua potência aeróbia máxima em níveis muito mais elevados de intensidade do que os indivíduos sedentários. Além do que, eles atingem intensidades submáximas de exercício em percentuais mais elevados do  $\text{VO}_2\text{max}$  e respondem com mais eficiência ao aumento da demanda energética durante o exercício (DENADAI, 1999). Dessa forma, acredita-se que as maneiras mais precisas de se avaliar a eficiência do sistema cardiorrespiratório e metabólico durante protocolos de teste incremental são: a primeira, baseada no nível de esforço máximo alcançado em protocolo incremental (GASTIN, 2001); e a segunda, baseada em intensidades submáximas que delimitam os domínios de intensidade de exercício em protocolos incremental e constante (GAESSER; POOLE, 1996; JONES et al., 2011).

Embora a identificação dos domínios de intensidade seja reconhecida por fornecer medidas mais precisas sobre o nível de capacidade aeróbia em protocolos incrementais (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009), nenhum dos estudos encontrados comparando respostas fisiológicas submáximas de ciclismo aquático e terrestre utilizaram-na em seus protocolos de avaliação (ALMELING et al., 2006; CARVALHO, 2008; CHEN et al., 1996; CHRISTIE et al., 1990; SHELD AHL et al., 1984, 1986, 1987).

Christie et al. (1990) e Sheldahl et al. (1984, 1987), por exemplo, verificaram um aumento do retorno venoso, do volume sistólico e do débito cardíaco no ciclismo aquático em relação ao terrestre. Essas alterações fisiológicas ocorreram em todos os sujeitos e durante todos os testes realizados por eles e não limitaram o alcance da potência aeróbia máxima, mas provocaram bradicardia de cerca de 10bpm a partir de 80%  $\text{VO}_2\text{max}$  no ciclismo aquático. Mas esses pesquisadores, não relataram em que momento ocorreu a transição entre os domínios de intensidade pesado e severo, de forma que a 80%  $\text{VO}_2\text{max}$  eles poderiam estar em diferentes níveis de capacidade aeróbia e com diferentes níveis de respostas fisiológicas (GAESSER; POOLE, 1996).

Corroborando os resultados desses autores, e utilizando o mesmo tipo de procedimento para comparar as respostas de ciclismo aquático e terrestre, Connelly et al. (1990) reportaram atenuação da resposta do sistema nervoso simpático e do sistema láctico também em torno de 80%  $\text{VO}_2\text{max}$  em meio líquido. Quando eles analisaram os resultados de  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $35,7 \pm 2,7\text{ml/kg/min}$  e  $36,5 \pm 3,2\text{ml/kg/min}$ ) não encontraram diferença entre os ciclismo aquático e terrestre. Esses autores sugerem que essas alterações ocorreram em virtude das adaptações de fluxo

sanguíneo, conforme descreveram Christie et al. (1990) e Sheldahl et al (1987). Eles justificaram ainda que o maior fluxo sanguíneo central levou ao aumento do volume sistólico, o que contribuiu para aprimorar o transporte de gases e de substâncias para os músculos ativos. Dessa maneira, os sujeitos teriam atingido um elevado nível de esforço físico com menor estresse fisiológico, o que levanta a hipótese de um aumento da capacidade relativa de esforço durante o ciclismo aquático. No entanto, além do viés metodológico encontrado nesses estudos, há pesquisas que mostraram resultados de respostas fisiológicas que apontam para diminuição da capacidade relativa de esforço no ciclismo aquático e/ou para a inexistência de alteração (ALMELING et al., 2006; CARVALHO, 2008; CHEN et al., 1996; YAZIGI et al., 2013).

Aleming et.al. (2006), por exemplo, também encontraram valores de FCmax menores na água, mas em intensidades submáximas de exercício a FC ficou mais elevada no protocolo incremental de ciclismo aquático do que no terrestre. Além disso, os valores de  $\text{VO}_2$  e  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ficaram cerca de 500ml/min mais baixos no ciclismo aquático. Eles argumentaram que a imersão provocou alterações no fluxo sanguíneo que teriam prejudicado a FC, a VE e a complacência pulmonar, limitando a resposta do sistema cardiorrespiratório em atender a demanda energética. Outra explicação dada pelos autores, para justificar as diferenças encontradas nas respostas fisiológicas, foi a de que a eficiência mecânica em ambiente aquático foi fortemente limitada pela resistência da água e também contribuiu para aumentar a magnitude das alterações nas respostas fisiológicas no ciclismo aquático.

Assim como eles, Carvalho (2008), também encontrou diminuição de 500ml/min no  $\text{VO}_{2\text{max}}$  e de 10bpm na FCmax, mas por outro lado, não verificou alteração no  $\text{VO}_2$  e na FC em intensidades submáximas no protocolo incremental de ciclismo aquático. Além deles, Chen et al. (1996) corroboraram os resultados de FCmax encontrados pelos outros estudos, mas assim como Carvalho (2008), também não observaram alteração na resposta do sistemas cardiorrespiratório em intensidades submáximas e no esforço máximo nos testes incrementais de ciclismo aquático e terrestre.

Chen et. al. (19996), por outro lado, reportaram diminuição da eficiência mecânica, mas diferente de Almeling et al. (2006), eles não observaram diminuição da capacidade do sistema aeróbio em nenhum momento dos testes. E, para aumentar ainda mais a dúvida sobre as respostas fisiológicas em protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre, recentemente Yázigi et. al. (2013) publicaram um estudo em que não observaram diferença no  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $4,0\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e a  $[\text{La}]_{\text{max}}$  foi

3mmol/l mais baixa no ciclismo aquático, sendo este resultado similar ao de Connelly et al (1990). Entretanto, a FCmax (186bpm) foi a mesma nos dois modos de ciclismo, contradizendo os resultados de FCmax reportados em todos os estudos mencionados anteriormente.

Apesar de apresentarem contradições nos resultados de respostas fisiológicas de ciclismo aquático e terrestre, esses estudos evidenciam uma forte possibilidade de que a potência aeróbia máxima não seja alterada no ciclismo aquático, mas também indicam uma probabilidade de modificação na resposta cardiorrespiratória e metabólica no ciclismo aquático em decorrência das alterações do fluxo sanguíneo esperadas em imersão (CHRISTIE et al., 1990). Além disso, os resultados hora contraditórios, hora similares, dessas respostas fisiológicas apresentadas, são um reflexo da utilização de procedimentos metodológicos ultrapassados para determinar as intensidades submáximas em que iriam ser comparadas essas respostas. Desse modo, há uma evidente necessidade de estudos comparando o ciclismo aquático e terrestre com uma abordagem metodológica mais precisa na determinação dessas intensidades.

Por fim, é importante mencionar que as alterações nas respostas fisiológicas poderiam ser mais acentuadas no ciclismo aquático, caso não seja adotada uma temperatura termoneutra na água (PENDERGAST; LUNDGREN, 2009). Vaile et al. (2011), por exemplo, verificaram que a imersão em água fria melhorava acentuava o retorno sanguíneo vindo das pernas para o coração e, portanto, demonstraram que a magnitude das alterações fisiológicas foi mais acentuada na água fria e que o sistema simpático era responsável por essas alterações (SRÁMEK et al., 2000). Já em uma temperatura termoneutra em torno de 31-33°C, espera-se que as adaptações de fluxo sanguíneo sejam apenas em decorrência do efeito da imersão e não por termo regulação (BARBOSA et al., 2009; PERINI et al., 1998). Ao controlar a água da piscina nessa faixa de temperatura, espera-se evitar este tipo de interferência durante a realização dos protocolos de pesquisa.

## 2.3 RESPOSTAS FISIOLÓGICAS EM PROTOCOLOS CONSTANTES DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE

O protocolo constante consiste na determinação de uma carga retangular de exercício que deve ser mantida por certo período de tempo. Esse tipo de protocolo também é uma ferramenta útil na comparação das respostas fisiológicas porque contribui para a elaboração de programas de treinamento aeróbio (MAUGHAN;

GLESSON, 2004), mas tem sido utilizado de forma equivocada pela maioria dos estudos que o investigaram para comparar as respostas fisiológicas no ciclismo e terrestre. A avaliação da aptidão aeróbia, em protocolos constantes, foi realizada por muito tempo com base em percentuais do  $\text{VO}_2\text{max}$ . Contudo, este índice por si só não explica isoladamente o desempenho em atividades com predominância aeróbia (NOAKES, 1988). Dessa forma, maior atenção tem sido dada às respostas  $[\text{La}]$ , tanto em protocolo incremental quanto constante, pois este índice parece ser mais sensível do que o  $\text{VO}_2\text{max}$  para determinar o nível de capacidade relativa em intensidades submáximas de exercício do que os percentuais do  $\text{VO}_2\text{max}$  (DENADAI, 1999).

Os sistemas cardiorrespiratório e metabólico nos exercícios constantes podem alterar a magnitude de suas respostas conforme o domínio de intensidade em que o exercício está sendo realizado e quanto ao nível de condicionamento físico do indivíduo (MAUGHAN; GLESSON, 2004). A utilização de intensidades correspondentes ao domínio pesado de exercício tem sido relacionada ao aprimoramento da aptidão aeróbia no ciclismo (DENADAI; ROSAS; DENADAI, 1997; GROSSL, 2011), mas com exceção de Finkelstein et al. (2011, 2012), nenhum outro estudo foi encontrado comparando respostas fisiológicas de ciclismo aquático e terrestre sob esta perspectiva metodológica.

Finkelstein et al. (2011, 2012) relataram que mulheres grávidas e não grávidas praticando ciclismo aquático na intensidade do limite inferior do domínio pesado apresentaram as mesmas respostas de  $\text{VO}_2$  ( $1,0 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ) e de FC (124bpm) no ciclismo terrestre nessa mesma intensidade de esforço, tanto em relação à estabilidade dessas variáveis quanto aos seus valores médios absolutos. Apesar da relevância desse resultado para a prescrição de treinamento aeróbio no ciclismo aquático, esses autores não reportaram dados relacionados à capacidade relativa com que o limite inferior do domínio pesado foi alcançado nos testes incrementais, não realizaram medidas de  $[\text{La}]$  e de  $\text{Tlim}$  e, portanto, limitaram-se às comparações de respostas cardiorrespiratórias. Finkelstien et al. (2011, 2012) defenderam o ponto de vista de que possíveis alterações na regulação do fluxo sanguíneo durante o ciclismo aquático não provocou alteração na FC e no  $\text{VO}_2$ , de forma que o sistema cardiorrespiratório demonstrou o mesmo nível de estresse fisiológico.

Com exceção desses estudos, nenhum outro foi encontrado comparando respostas fisiológicas ou o  $\text{Tlim}$  de ciclismo aquático e terrestre na intensidade do domínio pesado, o que contribuiria muito para a elaboração de modelos de treinamento mais precisos. Resultados

de um estudo com ciclistas pedalando na máxima fase estável de lactato, por exemplo, demonstraram que os valores de  $\text{VO}_2$  não variavam entre o início e fim do exercício, em contrapartida, os valores de VE e FC aumentavam significativamente até o Tlim ser alcançado. Neste mesmo estudo, a [La] diminuiu significativamente com o passar do tempo de exercício (BARON et al., 2008), o que pode indicar uma redução da produção de lactato e/ou uma maior utilização deste pela musculatura periférica (BROOKS, 1991). Sendo assim, nessa intensidade, a suspensão do exercício constante não está diretamente relacionada a uma falha de algum sistema fisiológico, já que o  $\text{VO}_2$  e a [La] em níveis estáveis, mas pode estar mais relacionado a algum mecanismo central de controle da fadiga para garantir a manutenção da homeostase.

Mesmo sendo reconhecida a importância dos domínios de intensidade para comparar respostas fisiológicas em protocolos constantes e na investigação da fadiga em exercício prolongado, a maioria dos estudos que comparam o ciclismo aquático e terrestre não utilizou este tipo de abordagem metodológica e limitou-se a comparar valores médios de respostas fisiológicas em intensidades submáximas de exercício determinadas sem serem considerados os domínios fisiológicos de intensidade de esforço (BENELLI; DITROILO; VITO, 2004; BRÉCHAT et al., 1999, 2013).

Bréchat et al. (1999, 2013), por exemplo, compararam resultados de respostas respiratórias e metabólicas em protocolos de 30 minutos de ciclismo aquático realizados a 60% do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  em uma potência de pedalada determinada aleatoriamente (122W). É interessante observar que esses autores não relataram em que cadência os sujeitos pedalaram, o que pode ter afetado significativamente os seus resultados (YAZIGI et al., 2013). No primeiro desses estudos, Bréchat et al. (1999) evidenciaram uma maior exigência do sistema respiratório no ciclismo aquático tendo em vista que para uma mesma potência de pedalada o  $\text{VO}_2$  ( $> 600\text{ml/min}$ ), a VE ( $> 30\text{l/min}$ ) e a [La] ( $> 5\text{mmol/l}$ ) mantiveram-se mais elevadas do que no ciclismo terrestre. Além disso, na série em que os testes foram realizados em um mesmo nível de  $\text{VO}_2$ , a potência de pedalada no ciclismo aquático (69W) teve de ser reduzida à metade do valor de potência do ciclismo terrestre (120W) para que houvesse a manutenção do consumo até o fim do teste.

Recentemente, em seu segundo estudo, Bréchat et al. (2013) publicaram os resultados das respostas cardiovasculares obtidas nas mesmas sessões experimentais do estudo anterior. Na série em que o  $\text{VO}_2$  foi mantido constante, além de uma potência de pedalada menos elevada, os autores verificaram um maior índice de ejeção no ciclismo

aquático. Embora o  $\text{VO}_2$  tenha sido o mesmo, a quantidade de sangue que o coração bombeava era maior no ciclismo aquático, o que indica elevação do débito cardíaco. Somado a isso, ao analisarem os resultados das respostas cardiovasculares na série com mesma potência de pedalada, as medidas de pressão arterial sistólica e diastólica foram menores e o índice de ejeção maior no ciclismo aquático. Tal pesquisa evidenciou o aumento do fluxo sanguíneo, aumento do débito cardíaco e diminuição da capacidade respiratória (aumento da frequência respiratória em torno de oito respirações por minuto), o que os levou a concluir que além da perda de eficiência mecânica havia um maior nível de estresse fisiológico em exercício constante no ciclismo aquático.

Todas essas evidências indicam uma sobrecarga ao sistema cardiorrespiratório e muscular durante o ciclismo aquático, assim como reportaram Almeling et al. (2006) e Carvalho et al (2008) ao analisarem resultados de protocolo incremental. Por outro lado, há também um estudo em que no ciclismo aquático houve alteração nas respostas fisiológicas em relação o ciclismo terrestre (BENELLI; DITROILO; VITO, 2004). Nesse estudo os autores compararam respostas de FC e [La] em protocolo constante de 15 min no ciclismo terrestre e no aquático utilizando duas intensidades (1,15Hz e 2,3Hz) dois níveis de imersão (0,8m e 1,4m). No ciclismo terrestre a FC chegou a atingir 71 e 85%FCmax, já no ciclismo aquático esses valores ficaram em torno de 61% e 77%FCmax a 0,8m de imersão e 50 a 58%FCmax a 1,4m de imersão. Além disso, a [La] foi 1,5mmol/l mais baixa a 0,8m de profundidade no ciclismo aquático e mais baixas ainda a 1,4m de profundidade (2,5 a 4mmol/l). Benelli et al. (2004) defenderam a hipótese de que em ambiente aquático ocorria uma menor estimulação simpática causada pela alteração do fluxo sanguíneo e que isso alterava a magnitude da ação neural simpática, atenuando assim a resposta da FC e do sistema anaeróbio láctico. Desta forma, os autores corroboraram os resultados de Connolly et al. (1990) e os de alguns outros pesquisadores que investigam a aplicação dos exercícios aquáticos na recuperação de atletas (WILCOCK; CRONIN; HING, 2006), mas também caíram no mesmo viés metodológico dos outros estudos ao generalizarem a intensidade dos testes.

Todas essas premissas são suficientes para justificar a realização de novas pesquisas que ajudem a esclarecer se existe ou não alteração nas respostas fisiológicas em protocolo constante de ciclismo aquático e terrestre, principalmente na intensidade do limite superior do domínio pesado de exercício, no qual o estresse fisiológico torna-se mais pronunciado. A seguir, foram descritas mais informações a respeito da

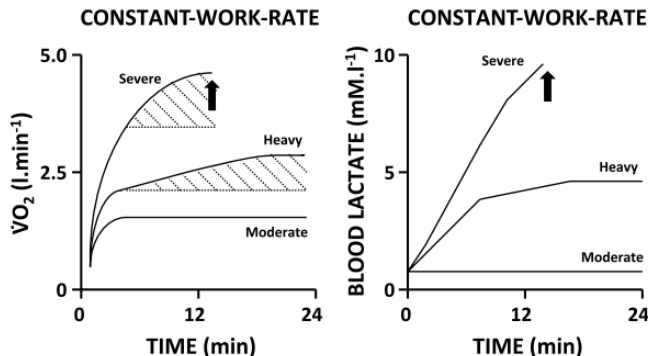
determinação das intensidades que delimitam o domínio pesado de exercício.

## 2.4 DOMÍNIOS FISIOLÓGICOS DE INTENSIDADE DE ESFORÇO

Os domínios de intensidade de exercício, moderado, pesado e severo são caracterizados por respostas metabólicas específicas de  $[La]$  e de  $VO_2$ . O exercício moderado é altamente sustentável, o que fica evidenciado pela estabilidade no  $VO_2$  e na  $[La]$ . No domínio pesado de exercício a  $[La]$  e o  $VO_2$  estabilizam em concentrações e em intensidades mais elevadas, observando-se inclusive um componente lento de  $VO_2$ . No domínio severo, em intensidades acima do limite superior do domínio pesado, o  $VO_2$  atinge seu máximo alcance e a  $[La]$  aumenta exponencialmente (JONES et al., 2011). A Figura 1, retirada de Jones et al. (2011), ilustra o comportamento do  $VO_2$  e da  $[La]$  esperados para domínio de intensidade de exercício em protocolos de carga retangular. É possível observar também que nos domínios pesado e severo o  $VO_2$  estabiliza-se em um nível acima do esperado caracterizando um componente lento, o qual pode ser grosseiramente identificado pela diferença entre o nível de  $VO_2$  no início e ao final de um exercício de carga constante (GAESSER; POOLE, 1996; JONES et al., 2011).

Devido a essas características específicas nas repostas fisiológicas em cada um dos domínios, é importante determinar com precisão os limites de intensidade que os separam. Para isso, é necessário observar a curva de  $[La]$  obtida em um protocolo incremental máximo (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). A transição entre os domínios moderado e pesado, ou seja, o limite inferior do domínio pesado ocorre quando há um aumento da  $[La]$  acima da linha de base. Já o limite superior do domínio pesado, que o separa do domínio severo, é a intensidade de exercício que indica o começo do acúmulo de  $[La]$  (GAESSER; POOLE, 1996). Um exemplo da identificação dos domínios pode ser observado na Figura 2.

**Figura 1:** Respostas de [La] e de  $\text{VO}_2$  em exercício constante realizado nos três diferentes domínios de intensidade. Retirado de Jones et al. (2011).



A determinação precisa do domínio pesado é importante para a elaboração de programas de treinamento que visam à melhoria da aptidão aeróbia, porque exercícios realizados em intensidades dentro dos limites desse domínio impõem uma sobrecarga metabólica e muscular mais elevada que a observada no domínio moderado. Entretanto o exercício ainda pode ser tolerado por tempo prolongado sem que o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  seja alcançado (GAESSER; POOLE, 1996; JONES et al., 2011), o que pode promover adaptações significativas inclusive no desempenho de ciclistas bem treinados.

O limite inferior pode ser chamado de LL e é identificado na maior intensidade anterior ao aumento da [La]. Já o limite superior do domínio pesado é conhecido como MFEL (BILLAT et al., 2003). O LL é facilmente identificado analisando-se a curva de [La] em protocolo incremental, já a MFEL depende da realização de muitos testes, o que por vezes pode inviabilizar a sua determinação direta. Por isso, algumas metodologias indiretas estão sendo usadas para a identificação da MFEL em apenas um protocolo incremental máximo: a primeira delas, mais conservadora, é a intensidade em a [La] de 4mmol/l é alcançada, chamada de Lan (DENADAI, 2000; HECK et al., 1985); uma segunda maneira proposta, mais recente, é pelo cálculo de 50% do delta entre a intensidade do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  e do LL, que na presente pesquisa é representada pela sigla  $\Delta 50$  (CARTER et al., 2000; LANSLEY et al., 2011).



**Figura 2:** Identificação dos domínios fisiológicos de exercício em protocolo incremental.



Esse limite de intensidade, a MFEL, é uma medida de intensidade considerada padrão-ouro na avaliação da capacidade aeróbia tendo em vista o seu nível de sensibilidade em detectar pequenas alterações de desempenho (DENADAI, 2000). Segundo Beneke (1995), a MFEL é a mais elevada [La] em estado estável durante os últimos 20 min do teste de carga constante. Alguns pesquisadores ainda propõem que o Tlim de tolerância de exercício nessa intensidade, em sujeitos moderadamente treinados pode ficar em torno de  $37 \pm 8,9$  min (FONTANA; BOUTELLIER; KNÖPFLI-LENZIN, 2009),  $44 \pm 10$  min (BILLAT et al., 2004),  $55 \pm 8.5$  min (BARON et al., 2008) ou ainda 60 min (GROSSL, 2011). Somado a isso, o Tlim pode ser usado como um índice de desempenho porque parece aumentar com o aumento da capacidade aeróbia, o que implicaria em uma diminuição no tempo de competição (BILLAT et al., 2004).

Por esses motivos apresentados, a identificação da MFEL, mesmo que de forma indireta, representa um meio válido para medir se existe ou não alteração nas respostas fisiológicas ou no desempenho aeróbio entre os ciclismos aquático e terrestre. Um único estudo foi encontrado investigando a determinação do Lan por meio de medidas de FC (MARTINS et al., 2007) no ciclismo aquático; no entanto, os autores não mediram [La] e, principalmente, não compararam nem a determinação do Lan e nem a sua aplicação em protocolo retangular realizado no ciclismo terrestre.

Já, Finkelstein et al. (2011, 2012) utilizaram o conceito dos domínios de intensidade para comparar respostas de  $\text{VO}_2$  em protocolo constante no ciclismo aquático e terrestre, mas não foi na MFEL. Nesse

estudo, o protocolo foi realizado na intensidade do LL e o  $\text{VO}_2$  médio da sessão de 30min foi o mesmo no ciclismo em ambiente aquático e terrestre (800ml/kg/min). Esses autores não analisaram o comportamento dessa variável ao longo do tempo, não investigaram respostas de [La] e não mediram o Tlim. Além desses estudos mencionados, nenhum outro estudo foi encontrado, até o momento, comparando o ciclismo aquático e terrestre sob esta perspectiva metodológica.

A investigação sobre o comportamento e a magnitude de respostas fisiológicas identificadas nas intensidades correspondentes ao LL, ao Lan e ao  $\Delta 50$  podem ajudar a esclarecer se há ou não diferença no nível de estresse fisiológico entre o meio líquido e terrestre durante a prática de ciclismo, tanto em protocolo incremental quanto constante.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A presente pesquisa é de natureza aplicada porque busca gerar conhecimentos de aplicação prática e dirigida para solucionar problemas específicos relacionados à prática de ciclismo aquático. Quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa pode ser classificada como empírica e, quanto aos objetivos propostos, ela é considerada descritiva porque analisa as respostas fisiológicas e a intensidade de pedalada no ciclismo aquático e terrestre. A abordagem quantitativa foi empregada para analisar o problema em questão (SANTOS, 2011).

#### 3.2 PARTICIPANTES DO ESTUDO

Foram selecionados intencionalmente 15 participantes para realizarem o protocolo incremental máximo de ciclismo aquático e terrestre, seguindo os critérios de inclusão: (i) idade entre 20 e 40 anos; (ii) sexo masculino; (iii) praticantes de atividades físicas pelo menos três vezes por semana no mínimo três meses; (iv) ter respondido sim a todas as questões do questionário ParQ (THOMAS; READING; SHEPHARD, 1992). Todos os sujeitos informaram que realizavam atividades físicas pelo menos três vezes na semana em torno de 3 a 6 meses.

Dentre esses 15 participantes, seis sujeitos realizaram o protocolo constante no ciclismo aquático e terrestre. Todos os sujeitos da amostra foram informados sobre os riscos e benefícios associados à sua participação neste estudo e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Além disso, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSC emitiu parecer favorável à realização desta pesquisa (nº. 865314).

#### 3.3 COLETA DE DADOS

Os protocolos de teste incremental e constante foram realizados na bicicleta aquática *R 4.2 (Hidrobike, São Paulo, Brasil)* no ciclismo aquático e em bicicleta eletromagnética *Excalibur Sport (Lode Medical Technology, Groningen, Holanda)* no ciclismo terrestre conforme as ilustrações apresentadas na Figura 3.

**Figura 3:** Bicicleta aquática R4.2 e bicicleta eletromagnética Lode



A coleta de dados foi organizada em quatro visitas da seguinte maneira: (i) primeira visita: avaliação antropométrica e protocolo incremental máximo; (ii) segunda visita: protocolo incremental máximo; (iii) terceira e quarta visitas: protocolo constante. É importante ressaltar que, embora a ordem entre os testes incrementais e constantes já estivesse estabelecida, a escolha entre ciclismo aquático e terrestre foi aleatória.

Um intervalo mínimo de 48h foi respeitado para que os sujeitos se recuperassem fisicamente entre os testes. Além disso, os sujeitos seguiram as recomendações de recomendações: (i) não realizar treinamentos ou atividades de alta intensidade no período de testes; (ii) não consumir café ou qualquer outra substância estimulante ou medicamento que possa afetar o seu desempenho; (iii) utilizar vestimentas adequadas; (iv) evitar o uso de fumo pelo menos 3 horas antes dos testes; (v) alimentar-se e hidratar-se adequadamente (MENEHELO et al., 2010).

### **3.3.1 Protocolo Incremental Máximo**

Os protocolos incrementais foram realizados previamente com o objetivo de determinar individualmente a intensidade de teste no protocolo constante para cada um dos sujeitos.

O protocolo incremental máximo de ciclismo aquático foi realizado com a bicicleta posicionada em uma piscina termicamente aquecida a 32°Célsius (termoneutra), a umidade relativa do ar em torno de 50%, com a postura do tronco ereta e o nível da água na altura do processo xifóide. A cadência foi controlada por um sinal sonoro (bip) emitido por um Metrônomo e foi constantemente monitorada por um

assistente de pesquisa para evitar que os sujeitos saíssem do ritmo desejado. Os sujeitos não possuíam experiência prévia com este tipo estímulo e, por isso, realizou-se um aquecimento de três minutos, sendo o primeiro minuto a 45RPM, o segundo minuto a 55RPM e o terceiro minuto a 65RPM. Foi respeitado um intervalo de 10 minutos entre o final desta fase e o início do teste. O teste iniciou em uma velocidade de 45RPM e incrementos de 5RPM foram realizados a cada três minutos de exercício até o sujeito atingir a exaustão voluntária, protocolo este formulado com base no estudo de Giacomini et al. (2009).

O protocolo incremental máximo de ciclismo terrestre foi realizado dentro de um laboratório (LAEF), em uma temperatura média de 25°Célsius, umidade relativa do ar em torno de 50% e a postura do tronco ereta. O modelo de bicicleta terrestre utilizado permitia o ajuste da potência de pedalada (Watts) e não foi realizada a familiarização antes do teste. A intensidade inicial estipulada foi 50W e incrementos de 25W foram realizados a cada três minutos até o participante atingir a exaustão voluntária. O sujeito era constantemente incentivado a manter a RPM constante em torno de 70RPM e um assistente de pesquisa ficou responsável em incentivar os sujeitos a manterem a cadência estipulada.

Em ambos os protocolos, aquático e terrestre, o teste poderia ser interrompido caso os sujeitos apresentassem dificuldade em manter a cadência estipulada por mais de 20 segundos, de forma que o teste seria refeito em outro dia caso o sujeito ainda não houvesse alcançado o esforço máximo. Os incentivos verbais foram realizados apenas para estimular os sujeitos a manterem a cadência desejada. Foi solicitado aos participantes para pedalar em sentados durante todo o tempo nos testes.

A medida de intensidade máxima, RPMmax no ciclismo aquático e Pmax no terrestre, foi considerada como sendo a intensidademais elevada alcançada nos testes incrementais.

### **3.3.2 Protocolo Constante até o tempo limite de tolerância (Tlim)**

Os protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre foram realizados nas mesmas configurações de testes e condições de temperatura e umidade empregadas nos protocolos incrementais máximos (local, temperatura, humidade relativa do ar e posicionamento do sujeito). A intensidade do  $\Delta 50$ , determinadano protocolo incremental máximo, foi utilizada para a realização dos testes constantes. Foi utilizado o metrônomo para determinar a cadência no ciclismo aquático. No ciclismo terrestre, estipulou-se uma potência fixa e os sujeitos foram solicitados a pedalar em uma cadência próxima da determinada para

o protocolo constante de ciclismo aquático. Os sujeitos foram estimulados verbalmente para manterem a cadência estipulada para os testes com o objetivo de motivá-los a alcançar seu máximo esforço. Vale ressaltar que o Tlim foi considerado como sendo o tempo final alcançado nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre.

### **3.3.3 Medidas antropométricas e a determinação da composição corporal**

A partir das medidas antropométricas, foi determinada a composição corporal dos sujeitos. As medidas de massa corporal (kg) foram obtidas em uma balança digital da marca Toledo® (resolução de 100 gramas), a estatura (cm) foi medida com um estadiômetro da marca Sunny® (resolução de 0,5 cm) e as dobras cutâneas (mm) foram medidas com um compasso científico tradicional da marca Cescor®. O percentual de massa magra foi calculado seguindo a equação proposta por Lee et al. (2000), a qual foi validada por Cyrino et al. (2008). Para calcular o percentual de gordura foi utilizada a equação de três dobras cutâneas, as quais foram mensuradas nas regiões do tórax, abdômen e coxa, dos sujeitos, conforme propuseram Jackson & Pollock (1978).

### **3.3.4 Obtenção e determinação das respostas fisiológicas**

As variáveis respiratórias VO<sub>2</sub> (ml/min e ml/kg/min) e VE (l/min) foram medidas a cada respiração, durante todos os protocolos, por meio do analisador de gases portátil K4b<sup>2</sup> (COSMED, Rome, Italy). O analisador de gases foi calibrado antes de cada teste seguindo as orientações dos fabricantes. Uma cinta cardíaca, presa ao tronco dos participantes e incorporada ao analisador de gases, permitiu o registro e o armazenamento do comportamento da FC (bpm) sincronizadamente ao do VO<sub>2</sub>. O pulso de O<sub>2</sub> (ml O<sub>2</sub>/bat) foi considerado o resultado do quociente do VO<sub>2</sub> pela FC (VO<sub>2</sub> ml/min ÷ FC) conforme propuseram Teixeira et al. (2014) e Wingo et al. (2005).

Os dados brutos das respostas fisiológicas VO<sub>2</sub>, FC e VE foram reduzidos à média dos 30 segundos finais de cada estágio dos protocolos incrementais. Esse mesmo procedimento foi executado para determinar os resultados dessas respostas fisiológicas no terceiro e décimos minutos, além do Tlim nos protocolos constantes.

O VO<sub>2</sub>max foi determinado com base nos seguintes critérios: [La] ≥ 8 mmol/l; atingir a FCmax estimada pela idade (220-idade); quociente de trocas respiratórias > 1,1; um aumento no VO<sub>2</sub> menor que

2ml/kg/min para um aumento de 5-10% na intensidade de exercício (DENADAI, 1999). Os resultados de  $FC_{MAX}$  e de  $VE_{max}$  foram considerados os valores mais elevados alcançado pelos sujeitos nos últimos estágios dos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre. Os resultados submáximos de  $VO_2$ , FC, VE e de pulso de  $O_2$ , dos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre, foram identificados por interpolação linear (*Software Microsoft Excel 2010*) para as intensidades relativas ao LL, ao Lan e ao  $\Delta 50$ . Já nos protocolos constantes, essas variáveis foram identificadas no terceiro e décimo minutos de exercício, além do Tlim. A diferença entre as medidas de  $VO_2$  obtidas no Tlim e no terceiro minuto de exercício constante foi considerada como sendo uma estimativa do componente lento do  $VO_2$ .

Para determinar as [La], nos 30 segundos finais de cada estágio de teste pré-determinado para todos os protocolos, foram coletadas amostras de 25 $\mu$  de sangue no capilar heparinizado do lóbulo direito da orelha e armazenadas em micro túbulos de polietileno com tampa (tipo *Eppendorf*), contendo 50 $\mu$  de fluoreto. Em seguida, as amostras foram analisadas em um analisador eletroquímico (*YSI 2700 STAT*, Yellow Springs, Ohio, USA), devidamente calibrado através do uso de uma solução de concentração conhecida (0,5 g.L<sup>-1</sup>), como determina o fabricante (*YSI Incorporate*). As [La] mais elevadas alcançadas nos protocolos incrementais foram consideradas como sendo a [La]max. O LL foi determinado como sendo a maior intensidade de esforço, durante o exercício incremental, sem ser observada alteração na [La] em relação à linha de base (DENADAI, 2000). O Lan foi determinado na [La] fixa em 4mmol/l (SJODIN; JACOBS; SVEDENHAG, 1982). Já o  $\Delta 50$  foi identificado na intensidade correspondente a 50% do delta entre o  $VO_{2max}$  e o LL conforme propuseram Lansley et al. (2011). Por fim, os valores de [La] foram coletadas, nos protocolos constantes, no décimo, no trigésimo minuto e no Tlim, de forma que uma diferença inferior a 1mmol/l de [La] entre o trigésimo e décimo minutos indicava a estabilidade da resposta desta variável, ou o delta [La].

### 3.4 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Para o tratamento estatístico dos dados foi utilizado o programa *Statistical Package for Social Sciences (SPSS 17.0 for Windows)*. Os dados foram descritos em termos de média e desvio padrão (média  $\pm$  sd) e examinados quanto à sua normalidade (Shapiro-Wilk). Quando os dados não possuíam uma distribuição homogênea eles sofreram transformação Box-Cox (lâmbda=-2). Os resultados de ciclismo

aquático e terrestre com distribuição normal ( $p > 0,05$ ) foram comparados usando-se o Teste T Student para amostras dependentes e, caso contrário, utilizou-se o Teste de Wilcoxon. O teste estatístico ANOVA two-way para medidas repetidas foi utilizado para comparar os valores de [La] obtidos ao longo dos protocolos constantes.

Para analisar a relação entre as respostas fisiológicas e os valores de intensidade de pedalada foi utilizado o teste de correlação de Pearson, quando os dados possuíam distribuição normal. A análise de regressão linear simples entre a variável dependente potência de pedalada e a variável independente  $\dot{V}O_2$ , obtidas no protocolo de ciclismo terrestre, foi realizada para a determinação da potência de pedalada correspondentes ao LL, Lan,  $\Delta 50$  e à RPMmax no ciclismo aquático individualmente para cada sujeito. Em seguida foi feita a média e o desvio padrão dessas medidas.

Foi adotado um intervalo de confiança de 95% em todas as análises. O poder do teste para a variável FC foi de 80% (*Software estatístico G-Power 3.0.10*) nas análises do protocolo incremental máximo e 96% nas análises do protocolo constante. Este valor de erro do tipo  $1-\beta$  pode considerado aceitável, pois está muito acima do limite inferior de 20% sugerido na literatura ao aceitar a hipótese nula mesmo ela sendo falsa (DANCEY; REIDY, 2004)

O erro típico de medida (ETM) foi calculado para medir a magnitude das diferenças individuais entre os resultados das respostas fisiológicas máximas e submáximas de  $\dot{V}O_2$ , VE, FC, pulso de  $O_2$  e [La] obtidos nos protocolos desta pesquisa, considerando-se um intervalo de confiança de 68% (HOPKINS, 2000).



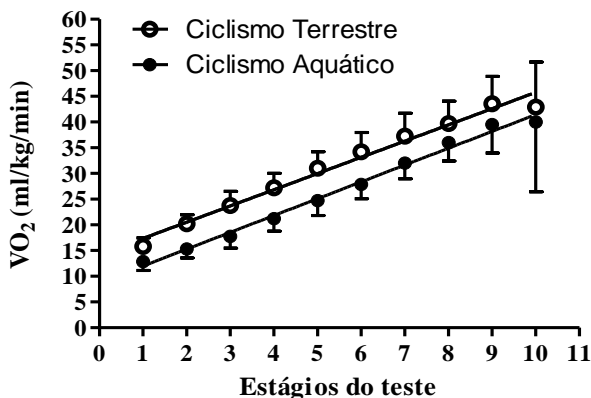
## 4 RESULTADOS

Os sujeitos que participaram deste estudo possuíam  $29 \pm 3,4$  anos de idade, mediam  $174 \pm 0,1$ cm de estatura e pesavam  $77,8 \pm 9,9$ kg. A composição corporal desses sujeitos era composta de 13% de gordura e  $43 \pm 2\%$  de massa magra.

### 4.1 RESULTADOS DOS PROTOCOLOS INCREMENTAIS MÁXIMOS

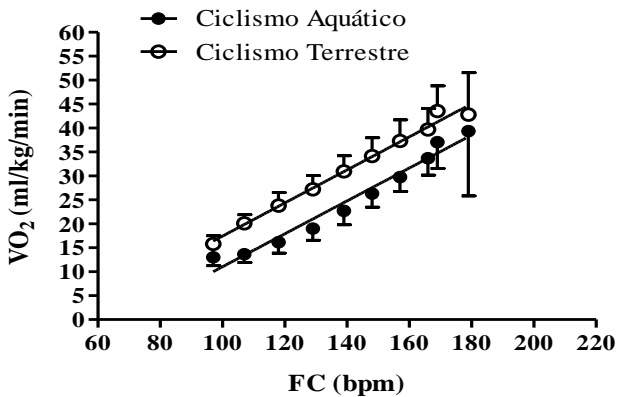
Quanto ao comportamento do  $\text{VO}_2$ , conforme pode ser visualizado na Figura 4, houve uma relação linear positiva em relação à intensidade de exercício, tanto no ciclismo aquático quanto no terrestre. Os sujeitos não apresentaram platô no  $\text{VO}_2$  ao final do exercício incremental, mas todos eles alcançaram pelo menos três dos critérios de determinação do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  como: alcançar a  $\text{FC}_{\text{max}}$  estimada pela equação 220- idade, o quociente respiratório  $\geq 1,1$ ,  $[\text{La}]_{\text{max}} \geq 8,0$  ou ainda, um aumento no  $\text{VO}_2$  menor que  $2\text{ml/kg/min}$  para um aumento de 5-10% na intensidade de exercício.

**Figura 4:** Relação entre o  $\text{VO}_2$  e a intensidade de cada estágio dos testes incrementais de ciclismo aquático e terrestre.



Na Figura 5, pode-se observar o comportamento do  $\text{VO}_2$  em relação à FC nos dois protocolos incrementais de ciclismo investigados. A magnitude da resposta do  $\text{VO}_2$  em relação à FC parece ter sido inferior no ciclismo aquático em todas as intensidades analisadas, porém o coeficiente angular das retas que exprimem esta relação foi o mesmo nos meios aquático e terrestre,  $0,32 \pm 0,07$  e  $0,32 \pm 0,05$ , com valor de  $p=0,12$ .

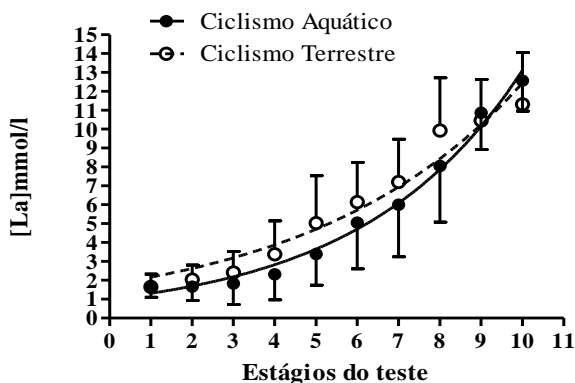
**Figura 5:** Relação entre a resposta do  $\text{VO}_2$  e da FC em protocolos incrementais máximos de ciclismo aquático e terrestre.



Na Figura 6, encontram-se as curvas médias de  $[\text{La}]$  obtidas nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre. Houve um aumento exponencial da curva de  $[\text{La}]$  com o aumento da intensidade de pedalada nos dois tipos de ciclismo. Nas Tabelas 1, 2 e 4 é possível observar que os valores de  $[\text{La}]$  foram os mesmos nos no meio líquido e terrestre, tanto nas intensidades submáximas quanto na máxima. No Lan, a  $[\text{La}]$  foi pré-determinada em um valor fixo de  $4\text{mmol/l}$  para todos os sujeitos e em todos os testes incrementais.

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados das respostas fisiológicas máximas alcançadas nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre. O  $\text{VO}_{2\text{max}}$  e o pulso de  $\text{O}_{2\text{max}}$  não foram diferentes entre os ciclismo aquático e terrestre, assim como a  $[\text{La}]_{\text{max}}$  a  $\text{VEmax}$  também não. A  $\text{FC}_{\text{max}}$  foi, em média,  $5\text{bpm}$  maior no ciclismo terrestre. A média de  $\text{FC}_{\text{max}}$  alcançada nos dois testes ficou cerca de  $9\%$  abaixo da  $\text{FC}_{\text{max}}$  predita pela equação  $220 - \text{idade}$ , a qual ficou em torno de  $190 \pm 1\text{bpm}$  ( $p=0,001$ ).

**Figura 6:** Relação entre a resposta da [La] e a intensidade de pedalada em cada um dos estágios dos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre.



**Tabela 1:** Respostas fisiológicas máximas obtidas nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre.

n=15	Ciclismo Aquático	Ciclismo Terrestre	p	ETM	CV%
VO <sub>2</sub> max (ml/min)	2955,9±125,8	3034,3±143,5	0,27	178,9	05
VO <sub>2</sub> max (ml/kg/min)	38,4±1,3	39,6±1,5	0,16	2,1	05
FCmax (bpm)	171±12*	176±9	0,001	4,0	04
Pulso de O <sub>2</sub> max (ml O <sub>2</sub> /bat)	17,4±3,3	17,3±3,6	0,79	1,1	06
VEmax (l/min)	128,3±35,2	134,2±32,6	0,11	9,2	07
[La]max (mmol/l)	10,5±3,4	10,9±2,8	0,54	1,8	17

\*p < 0,05 diferente do ciclismo terrestre

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados das respostas fisiológicas obtidos na intensidade correspondente ao limite inferior do domínio fisiológico pesado, ou seja, no LL. Os valores de FC e VE não foram diferentes entre o ciclismo aquático e terrestre. No entanto, o valor de  $\text{VO}_2$  obtido no LL durante o ciclismo aquático foi 14% menor do que o observado durante o ciclismo terrestre. Uma redução significativa também foi encontrada no valor de pulso de  $\text{O}_2$  nesta intensidade, o que foi 18% também inferior em meio líquido.

**Tabela 2:** Respostas fisiológicas obtidas no LL determinado nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre

N = 15	Ciclismo Aquático	Ciclismo Terrestre	p	ETM	CV%
$\text{VO}_2$ (ml/min)	1448,5±354,6*	1686,6±355,0	0,02	235,0	15
$\text{VO}_2$ (ml/kg/min)	19,2±4,9*	22,1±4,6	0,04	3,6	17
FC (bpm)	117±12	111±11	0,11	9,0	08
Pulso de $\text{O}_2$ (ml $\text{O}_2$ /bat)	12,4±2,8*	15,3±3,1	0,001	1,7	18
VE (l/min)	41,1±12,1	40,4±7,0	0,79	6,7	17
[La] (mmol/l)	1,9±0,4	2,1±0,6	0,20	0,4	19

\*p <0,05 diferente do ciclismo terrestre

A Tabela 3 contém os valores das respostas fisiológicas obtidas no Lan durante o ciclismo aquático e terrestre. Não houve diferença nas respostas de FC e VE. Entretanto, os resultados de  $\text{VO}_2$  no Lan foram 11% menores e os de pulso de  $\text{O}_2$  foram 12% também inferiores no ciclismo aquático, sendo essas diferenças significantes.

**Tabela 3:** Respostas fisiológicas obtidas no Lan em protocolo incremental máximo de ciclismo aquático e terrestre.

<b>N = 15</b>	<b>Ciclismo Aquático</b>	<b>Ciclismo Terrestre</b>	<b>p</b>	<b>ETM</b>	<b>CV%</b>
VO <sub>2</sub> (ml/min)	1960,8±368,1*	2211,2±435,1	0,02	165,4	08
VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	25,8±4,4*	29,1±5,6	0,04	2,4	09
FC (bpm)	137±13	135±16	0,69	8,0	06
Pulso de O <sub>2</sub> (mlO <sub>2</sub> /bat)	14,4±2,8*	16,4±3,3	0,001	1,2	13
VE (l/min)	59,7±13,9	59,7±12,0	0,99	7,8	13

\*p<0,05 diferente do ciclismo terrestre

**Tabela 4:** Respostas fisiológicas obtidas no Δ50 em protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre.

<b>N = 15</b>	<b>Ciclismo Aquático</b>	<b>Ciclismo Terrestre</b>	<b>p</b>	<b>ETM</b>	<b>CV%</b>
VO <sub>2</sub> (ml/min)	2227,6±344,7*	2409,3±410,5	0,02	178,9	08
VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	29,1±4,23*	31,8±4,86	0,01	2,1	10
FC (bpm)	148±13	143±13	0,19	8,0	06
Pulso de O <sub>2</sub> (mlO <sub>2</sub> /bat)	17,0±3,5*	17,4±3,3	0,003	1,3	13
VE (l/min)	75,6±21,2	68,5±11,0	0,18	13,3	18
[La] (mmol/l)	5,6±1,2	5,3±1,3	0,38	0,8	32

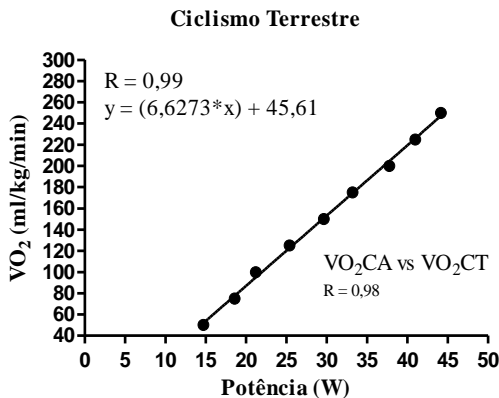
\*p<0,05 diferente do ciclismo terrestre

Na Tabela 4, estão apresentados os valores das respostas fisiológicas encontradas no Δ50 de ciclismo aquático e terrestre. O VO<sub>2</sub> no Δ50 continuou mais elevado no ciclismo aquático em relação ao terrestre, em torno de 11%, tanto nos valores absolutos quantos nos relativos ao peso corporal dos sujeitos. O Pulso de O<sub>2</sub> foi 14% mais

baixo no ciclismo aquático, sendo esta diferença considerada significativa. No entanto, não houve diferença significativa nas respostas de FC e VE no  $\Delta 50$ , assim como foi observado no LL e no Lan.

Para estimar o nível de potência alcançada em todas as intensidades no ciclismo aquático, foi realizada uma análise de regressão linear entre os resultados de  $\text{VO}_2$  e potência de pedalada para cada um dos sujeitos. Em seguida, os valores de  $\text{VO}_2$  obtidos no LL, Lan,  $\Delta 50$  e no esforço máximo de ciclismo aquático foram substituídos na equação de regressão. Na Figura 7, é apresentado um exemplo de como a potência pode ser estimada em um dos sujeitos desta pesquisa.

**Figura 7:** Análise de regressão linear simples utilizada para estimar individualmente a potência de pedalada no ciclismo aquático a partir da relação do consumo de oxigênio com a potência de pedalada no ciclismo terrestre (CA ciclismo aquático e CT ciclismo terrestre)



**Potência no LL**

$$\text{VO}_2 = 20,3$$

$$y = (6,6273 * 20,3) + 45,61$$

$$y = 88,9\text{W}$$

**Potência no Delta50**

$$\text{VO}_2 = 30,3$$

$$y = (6,6273 * 30,3) + 45,61$$

$$y = 155\text{W}$$

**Ciclismo Aquático**

**Potência no Lan**

$$\text{VO}_2 = 26,8$$

$$y = (6,6273 * 26,8) + 45,61$$

$$y = 132\text{W}$$

**Potência Máxima**

$$\text{VO}_2 = 43,7$$

$$y = (6,6273 * 43,7) + 45,61$$

$$y = 244\text{W}$$

Os resultados médios de potência no LL, Lan,  $\Delta 50$  e, no esforço máximo, obtidos para o ciclismo aquático estão apresentados na Tabela 5. Todos os valores de potência no ciclismo aquático foram menores nas intensidades do LL, Lan,  $\Delta 50$  e do esforço máximo no ciclismo aquático.

**Tabela 5:** Potência de pedalada correspondente ao LL, Lan,  $\Delta 50$  e à Pmax em protocolo incremental máximo de ciclismo terrestre e estimado por regressão linear simples no ciclismo aquático.

<b>N=15 Potência de pedalada (W)</b>					
	<b>Ciclismo Aquático</b>	<b>Ciclismo Terrestre</b>	<b>p</b>	<b>ETM</b>	<b>CV%</b>
LL	73 $\pm$ 29,9*	90 $\pm$ 24,6	0,01	19,3	24
Lan	118 $\pm$ 33,4*	137 $\pm$ 33,2	0,01	16,6	13
$\Delta 50$	143 $\pm$ 36*	156 $\pm$ 37	0,03	16,4	11
Pmax	206 $\pm$ 42*	221 $\pm$ 44	0,02	18,3	08

\*p<0,05 diferente do ciclismo terrestre

Na Tabela 6, estão apresentados os valores relativos ao esforço máximo em que os limiares fisiológicos e o  $\Delta 50$  foram alcançados. O LL foi alcançado nos mesmos valores percentuais da FCmax e do VO<sub>2</sub>max (ml/kg/min) em ambos os ambientes, mas os valores relativos à intensidade máxima foram superiores no ciclismo aquático.

Além disso, houve diferença nos percentuais do VO<sub>2</sub>max no LL do ciclismo aquático. O Lan foi identificado nos mesmos valores relativos da FCmax nos ciclismo aquático e terrestre. No entanto, não foi alcançado com os mesmos valores percentuais do VO<sub>2</sub>max ou da intensidade máxima. O  $\Delta 50$  foi alcançado nos mesmos valores percentuais da FCmax, da intensidade máxima e do VO<sub>2</sub>max relativo ao peso corporal dos sujeitos, mas não foi alcançado com os mesmos valores percentuais relativos ao VO<sub>2</sub>max absoluto nos ciclismo aquático e terrestre.

A este respeito, também é importante mencionar que, no ciclismo aquático, o esforço máximo foi alcançado em uma cadência de

84±5RPM, o LL em 58±6,5RPM, o Lan em 67±6RPM e o Δ50 foi identificado a uma velocidade de 71±5RPM.

**Tabela 6:** Resultados de %VO<sub>2</sub>max, %FCmax, %RPMmax e %Pmax em que foram alcançados o LL, Lan e o Δ50.

		%VO <sub>2</sub> max ml/min	%VO <sub>2</sub> max ml/kg/min	%Fmax	%RPMmax %Pmax
LL	CA	49±10*	50±11	68±6	69±5* (RPMmax)
	CT	56±9	56±10	63±6	41±11 (Pmax)
	p	0,03	0,10	0,14	0,001
Lan	CA	67±8*	68±10*	80±6	80±5* (RPMmax)
	CT	73±10	73±9	77±9	63±14 (Pmax)
	p	0,002	0,02	0,06	0,001
Δ50	CA	76±6*	76±8	87±4	85±3 (RPMmax)
	CT	80±6	80±5	81±5	76±22 (Pmax)
	p	0,03	0,12	0,12	0,15

\*p < 0,05 diferente do ciclismo terrestre. CA: ciclismo aquático; CT: ciclismo terrestre.

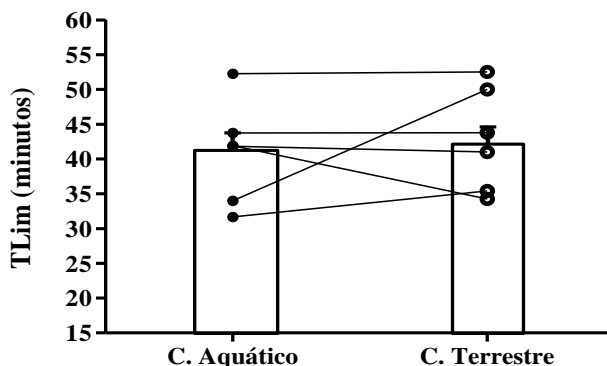
## 4.2 RESULTADOS DOS PROTOCOLOS CONSTANTES

Seis sujeitos, dos 15 avaliados nos testes incrementais, foram submetidos à realização dos protocolos constantes. A cadência de 71±2RPM no ciclismo aquático e de 71±1RPM no ciclismo terrestre, empregadas no protocolo constante, não tiveram diferença significativa (p=0,91). No ciclismo aquático não foi possível aferir a potência de pedalada, mas no ciclismo terrestre ela foi em média 167±2W.

O resultado de Tlim alcançado no ciclismo aquático foi de 41±7min e no ciclismo terrestre foi de 43±7 min. Essa diferença 5% maior (cerca de 2 minutos), em média, no tempo final do ciclismo terrestre não foi significativa (p=0,6). Esses resultados podem ser melhor visualizados na Figura 8.



**Figura 8:** Resultados de Tlim alcançados em protocolo constante no ciclismo aquático e terrestre



Considerando-se apenas esses seis sujeitos, o valor de  $\text{VO}_2$  obtido no  $\Delta 50$  do protocolo incremental de ciclismo aquático ( $2328,6 \pm 99,6 \text{ ml/min}$ ) foi 15% menor do que o  $\text{VO}_2$  no  $\Delta 50$  do protocolo terrestre ( $2660,0 \pm 257,4 \text{ ml/min}$ ), sendo esta diferença significativa ( $p=0,03$ ) assim como já havia sido observado no grupo de 15 sujeitos.

Esses valores de  $\text{VO}_2$  representaram  $75 \pm 8\% \text{ VO}_{2\text{max}}$  no ciclismo aquático e  $81 \pm 5\% \text{ VO}_{2\text{max}}$  no terrestre, de forma que esta diferença de resultados não foi significativa ( $p=0,07$ ).

Além disso, os valores de  $\text{VO}_2$  encontrados no Tlim dos protocolos constantes não foram diferentes dos valores do  $\text{VO}_2$  encontrados no  $\Delta 50$  dos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre, tanto o resultado absoluto ( $p=0,19$  e  $p=0,15$ ) quanto o relativo ( $p=0,29$  e  $p=0,11$ ), ou seja, os valores de  $\text{VO}_2$  estimados para o teste mantiveram-se os mesmos dos observados no Tlim.

**Tabela 7:** Respostas fisiológicas obtidas no terceiro minuto e no Tlim dos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre.

N=6	3 minutos		Tlim	
	Ciclismo Aquático	Ciclismo Terrestre	Ciclismo Aquático	Ciclismo Terrestre
VO <sub>2</sub> (ml/min)	2364,4±229,1*	2615,9±118,9	2470,5±219*	2811,4±342,0
VO <sub>2</sub> (ml/kg/min)	30,3±3,0	34,7±3,7	31,1±1,2*	36,1 ±4,6
FC (bpm)	134±4 <sup>&amp;</sup>	132±5 <sup>&amp;</sup>	155±5	156±7
Pulso de O <sub>2</sub> (mlO <sub>2</sub> /bat)	15,7±0,9	16,9±0,8	16,1±2,1	18,2±3,3
VE (l/min)	67,5±14.9 <sup>&amp;</sup>	72,3±5.6 <sup>&amp;</sup>	84,4±13,4	94,6±10,2

\*p <0,05 diferente do ciclismo terrestre no mesmo tempo

<sup>&</sup>p <0,05 Tlim diferente de 3 minutos para o mesmo tipo de ciclismo

Na tabela 7, estão apresentados os valores das respostas fisiológicas alcançadas no terceiro minuto de teste e no Tlim de exercício constante de ciclismo aquático e terrestre.

O VO<sub>2</sub> no ciclismo aquático foi menor do que no ciclismo terrestre nos dois momentos de exercício analisados. Essa diferença foi de 251,6ml/min em termos absolutos (p= 0,04) e de 4,2ml/kg/min em termos relativos à massa corporal (p=0,04). No entanto, houve estabilidade na resposta do VO<sub>2</sub> entre o terceiro minuto e o Tlim nos dois ambientes testados, tanto no resultado absoluto de VO<sub>2</sub> (p=0,07 e p=0,1), quanto no relativo, conforme pode ser observado na Figura 9.

O componente lento do VO<sub>2</sub> estimado pelo delta entre o Tlim e o terceiro minuto de teste, foi de 106,1±114,8ml/min (0,9±0,9ml/kg/min) no ciclismo aquático e de 195,5±237,8ml/min (1,4±2,6ml/kg/min) no ciclismo terrestre. Esses resultados não foram significativamente diferentes, tanto em termos absolutos do VO<sub>2</sub> (p=0,46), quanto relativos (p=0,67).

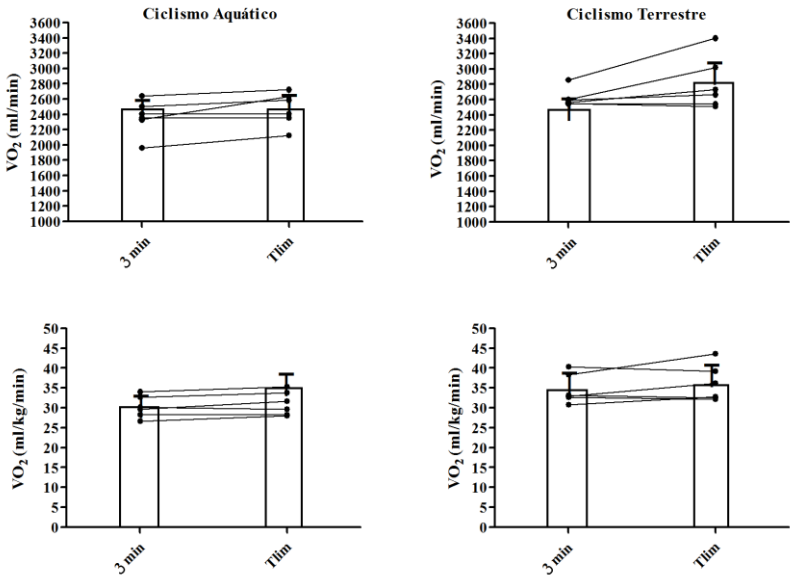
**Tabela 8:** Concentração de lactato sanguíneo em protocolo constante de ciclismo aquático e terrestre realizado no  $\Delta 50$

	[La] mmol/l			
	10 min	30min	Tlim	$\Delta$ [La]
Ciclismo Aquático	6,8 $\pm$ 1,5*	6,7 $\pm$ 1,5*	7,1 $\pm$ 1,7*	0,3 $\pm$ 1,2
Ciclismo Terrestre	6,0 $\pm$ 1,6	6,2 $\pm$ 2,1	5,7 $\pm$ 1,9	-0,2 $\pm$ 1,1

\*p<0,05 diferente do ciclismo terrestre no mesmo momento

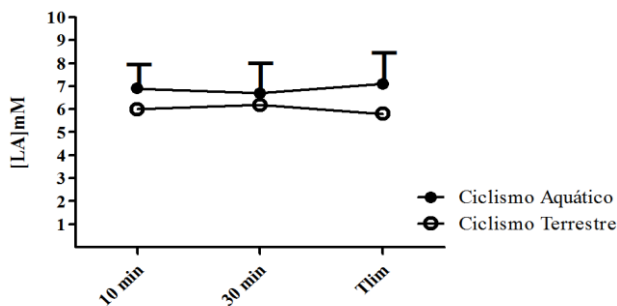
Os resultados das [La] obtidas no décimo minuto, trigésimo minuto e no Tlim estão apresentados na Tabela 8. Não houve interação entre as medidas de [La] e os momentos em que elas foram coletadas nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre (F=0,53 e p=0,59). O valor médio de [La] no protocolo constante de ciclismo aquático (6,9 $\pm$ 0,63mmol/l) foi, portanto, maior do que o observado no ciclismo terrestre (6,0  $\pm$  0,63mmol/l), os quais mostraram uma variação de 5,3 a 8,4mmol/l e de 4,4 a 7,5mmol/l, respectivamente.

**Figura 9:** Comportamento do consumo de oxigênio em termos absoluto (parte superior da Figura) e em termos relativos (parte inferior da figura), nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre.



Na Figura 10, é possível observar o comportamento da [La] ao longo dos dois testes constantes de ciclismo realizados na presente pesquisa. Embora os resultados de ciclismo aquático e terrestre tenham sido diferentes entre si em todos os momentos do teste, a [La] não foi diferente ao longo do tempo no ciclismo aquático e no ciclismo terrestre, aos serem comparados o décimo minuto, o trigésimo minuto e o Tlim ( $p=1,0$ ). Além disso, o valor de delta entre o resultado de [La] no Tlim e no décimo minuto no ciclismo aquático não foi diferente do valor de delta observado no ciclismo terrestre ( $p=0,26$ ). Houve, portanto, estabilidade na resposta do [La], em ambos os protocolos constantes.

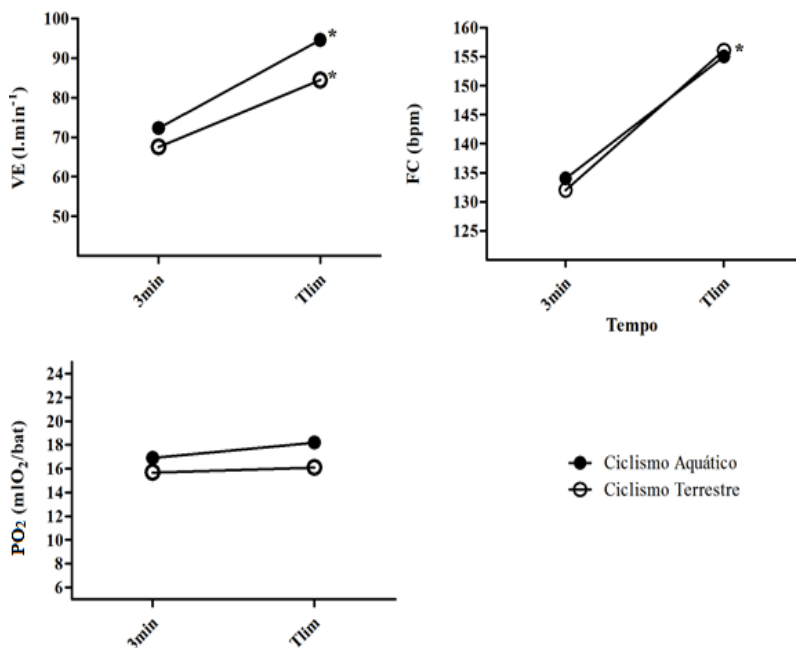
**Figura 10:** Comportamento do lactato sanguíneo nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre.



\* $p < 0,05$  valor médio da sessão diferente do ciclismo terrestre

Assim como as respostas de  $VO_2$  e [La], houve estabilidade também na resposta do pulso de  $O_2$  no protocolo constante de ciclismo aquático ( $p=0,54$ ) e terrestre ( $p=0,10$ ). O pulso de  $O_2$  no terceiro minuto de teste ficou 2% abaixo do Tlim no ciclismo aquático, com um ETM de 0,8ml  $O_2$ /bat ( $CV\%=5$ ), mas sem diferença significativa ( $p=0,11$ ). No ciclismo terrestre, o pulso de  $O_2$  foi 7% mais baixo no terceiro minuto, mas também não houve diferença significativa ( $p=0,09$ ) ao compará-los ao Tlim. Ademais, o pulso de  $O_2$  no Tlim do ciclismo aquático também não foi diferente do terrestre ( $p=0,11$ ), mas foi 12% menor.

**Figura 11:** Comportamento das variáveis VE, FC e pulso de O<sub>2</sub> obtidas nos protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre.



\* $p < 0,05$  Tlim diferente do terceiro minuto no ciclismo aquático e no ciclismo terrestre

Já todos resultados de FC e VE aumentaram ao longo do tempo nos dois protocolos constantes. A FC aumentou 14% em média do terceiro minuto para o Tlim no ciclismo aquático ( $p=0,001$ ) e 16% no terrestre ( $p=0,002$ ).

Apesar de apresentar elevação ao longo do tempo, a FC no Tlim do ciclismo aquático não foi diferente da FC no Tlim do ciclismo terrestre, conforme pode ser observado na Tabela 7 ( $p=0,71$ ). Assim como ocorreu com a FC, o valor de VE no Tlim foi 11% menor no ciclismo aquático do que no terrestre, sem ser detectada diferença significativa ( $p=0,26$ ) entre estes resultados. Além disso, a resposta da VE aumentou 20% ao longo do protocolo de ciclismo aquático ( $p=0,001$ ) e 24% no terrestre ( $p=0,003$ ). Os gráficos da Figura 11 ilustram as respostas das variáveis FC, VE e pulso de O<sub>2</sub> obtidos no protocolo constante de ciclismo aquático e terrestre.



## 5 DISCUSSÃO

O principal resultado da presente investigação confirma a primeira hipótese de pesquisa de que haveria diferenças significantes entre as variáveis fisiológicas obtidas em protocolos incremental e/ou constante de ciclismo aquático e terrestre. A  $FC_{max}$  foi menor no ciclismo aquático e  $[La]_{max}$  foi similar no ciclismo em meio líquido e terrestre, o que confirma parcialmente a segunda hipótese deste estudo. Além disso, os resultados das respostas submáximas de  $VO_2$  e pulso de  $O_2$  obtidas no LL, no Lan e no  $\Delta 50$  foram menores no protocolo incremental de ciclismo em meio líquido, no entanto nenhuma diferença foi observada nas respostas da FC, da  $[La]$  e da VE. Esses resultados são contrários à terceira hipótese, a qual foi fundamentada na possibilidade de existência de diferenças significativas entre as medidas de FC e de  $[La]$  apenas no Lan e no  $\Delta 50$ . Além disso, a presente pesquisa observou que os resultados estimados de potência de pedalada e de  $P_{max}$  foram inferiores no protocolo incremental de ciclismo em ambiente aquático, o que confirma a quarta hipótese de pesquisa.

Quando os sujeitos foram submetidos ao exercício de carga retangular ( $\Delta 50$ ), observou-se maior nível na  $[La]$  durante o protocolo constante realizado no ciclismo aquático. Este resultado confirma a quinta hipótese deste estudo. No entanto, também foi observada diferença significativa no nível de  $VO_2$  durante o ciclismo aquático, o que rejeita em parte a quinta hipótese de pesquisa. Embora tenham sido encontradas essas diferenças no  $VO_2$  e na  $[La]$  entre os protocolos constantes, o  $Tlim$  médio alcançado pelos sujeitos no ciclismo aquático foi muito próximo ao do ciclismo terrestre, contrapondo também a sexta hipótese deste estudo. Por fim, cabe mencionar que o  $VO_2$ , a FC e a  $[La]$  mostraram o mesmo padrão de comportamento gráfico durante os protocolos incremental e constante de ciclismo aquático e terrestre, o que confirma a última hipótese deste estudo.

### 5.3 PROTOCOLO INCREMENTAL MÁXIMO DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE

Os sujeitos realizaram os protocolos incrementais em 24min (20-28min), o que representou uma média de oito estágios de exercício nos ciclismo aquático e terrestre. O comportamento das variáveis fisiológicas  $VO_2$  e  $[La]$  nos protocolos incrementais máximos de ciclismo aquático e terrestre foram similares, conforme pode ser observado nas Figuras 4,5 e 6. Esse resultado confirma a hipótese H6. O  $VO_2$  aumentou linearmente em relação à intensidade de exercício e em

relação à FC nos meios líquido e terrestre durante os protocolos incrementais. Essa relação já era esperada, uma vez que a bicicleta aquática utilizada na presente investigação assemelha-se a um dos modelos testados por Giacomini et al. (2009), no qual os sujeitos também aumentaram seu nível de captação de oxigênio de forma linear com o aumento de cadência. Além disso, o mesmo incremento de 5RPM proposto por esses autores foi empregado na presente pesquisa, com o  $\text{VO}_2\text{max}$  sendo alcançado em cadências finais que variaram de 74-100RPM, tanto no estudo de Giacomini quanto na presente pesquisa.

É interessante observar que, embora o coeficiente de inclinação da reta (b), o qual manifesta a relação entre  $\text{VO}_2$  e a FC tenha sido o mesmo nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre ( $b=0,32$ ), no ciclismo aquático essas variáveis parecem ter ficado em um nível mais baixo do que no ciclismo terrestre. Essa diferença não foi mensurada na presente pesquisa, mas pode estar relacionada a alguma alteração de fluxo sanguíneo em meio líquido, o que pode favorecer um aumento da oferta de oxigênio aos músculos (CHRISTIE et al., 1990; CONNELLY et al., 1990; POWERS; HOWLEY, 2000). Outra justificativa que poderia explicar a diferença aparente no comportamento dessas variáveis poderia ser o atrito proporcionado em cada um dos dois ambientes e em cada um dos modelos de bicicletas utilizados (ALMELING et al., 2006; CHEN et al., 1996; CONNELLY et al., 1990).

As curvas de [La] obtidas nos protocolos incrementais propostos na presente pesquisa mostraram um aumento exponencial, tanto no ciclismo aquático quanto no terrestre. A [La]max ficou em torno de 10,5mmol/l, resultado este inesperado, uma vez que Connelly et al. (1990) e Yázigi et al. (2013) verificaram uma redução de cerca de 3mmol/l nesta variável. Na Figura 6, é possível verificar também um aparente deslocamento da curva de lactato à direita, nas intensidades submáximas do protocolo incremental de ciclismo aquático, o que pode representar alteração na interação entre os sistemas de energia aeróbio e anaeróbio (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009), também em virtude dos motivos mencionados anteriormente para justificar a diminuição do  $\text{VO}_2$  no ciclismo aquático.

### **5.5.1 Resultados máximos de respostas fisiológicas e de intensidade de esforço**

A RPMmax no protocolo incremental de ciclismo aquático foi 84RPM. A Pmax alcançada no protocolo incremental de ciclismo em terrestre foi 221W, sendo a cadência de 70RPM adotada pela maioria



dos sujeitos desta pesquisa. Esse valor de RPMmax alcançada pelos sujeitos da presente pesquisa ficou muito próximo de  $81 \pm 6$  RPM, reportado por Martins et al. (2007). Além disso, tal resultado encontra-se dentro da variação de 74 a 100 RPM nos resultados de RPMmax encontrados por Giacomini et al. (2009). As diferenças ou a similaridade de resultados de RPMmax devem-se ao tipos de bicicletas aquáticas utilizadas, tendo em vista que a área de arrasto pode variar entre diferentes modelos (GIACOMINI et al., 2009; SOGABE et al., 1987).

Já os valores de Pmax tiveram que ser estimados para o ciclismo aquático, o que foi realizado por meio da análise de regressão linear simples entre o  $\text{VO}_2$  e a potência de pedalada obtida no ciclismo terrestre, conforme está ilustrado na Figura 7. Assim, a Pmax no ciclismo aquático foi menor do que a alcançada no ciclismo terrestre (206W vs 221W). Supreendentemente, a mesma magnitude de diferença nestes resultados também foi reportado por Chen et al. (1996), os quais encontraram uma redução de 15W entre a Pmax no ciclismo aquático e no ciclismo terrestre (219W vs 234W).

Além destes pesquisadores, Almeling et al. (2006) também encontraram uma redução na Pmax no ciclismo aquático, que ficou em torno de 50% de diferença entre os meios líquido e terrestre (123W vs 234W). Neste estudo, a sobrecarga imposta pelo meio líquido ao movimento de pedalada associada ao grande nível de profundidade em que foram imersos os sujeitos, limitaram o alcance do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  em meio líquido (BARBOSA et al., 2009; PENDERGAST; LUNDGREN, 2009).

Chen et al (1996) e Almeling et al (2009) sugeriram que o motivo para esta diferença na Pmax pode ser explicado também por diferenças no padrão de recrutamento de fibras musculares entre o ciclismo no meio líquido e no terrestre. No entanto, esses autores utilizaram configurações de testes diferentes aos da presente pesquisa, um submergiu seus participantes completamente e, o outro, utilizou uma bicicleta em que os sujeitos pedalavam com as pernas na posição horizontal.

As distintas configurações dos testes também podem justificar diferenças entre alguns resultados de respostas fisiológicas máximas obtidas por esses estudos. Na presente pesquisa, os resultados de  $\text{VO}_{2\text{max}}$  alcançados pelos sujeitos foram os mesmos nos protocolos incrementais de ciclismo aquático e terrestre. Os sujeitos atingiram, em média, 3000ml/min de  $\text{VO}_{2\text{max}}$  absoluto e 39ml/kg/min de relativo. Valores similares a este foram reportados por vários autores que compararam o ciclismo aquático e terrestre (CHEN et al., 1996; CHRISTIE et al., 1990; CONNELLY et al., 1990; SHELDAHL et al., 1984a; YAZIGI et

al., 2013), ou ainda por pesquisadores que compararam diferentes modelos de bicicletas aquáticas (GIACOMINI et al., 2009).

Sheldhal et al. (1984), por exemplo, também não encontraram diferença no  $\text{VO}_2\text{max}$  ( $3,2\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ), ao compararem os resultados de protocolo incremental de ciclismo aquático (*uphight position*) e terrestre, realizados por 12 sujeitos do sexo masculino com cerca de 27 anos de idade e 76kg de massa corporal, características essas semelhantes ao grupo de 15 sujeitos selecionados para esta pesquisa (29 anos e 78kg). Além deles, Chen et al. (1996) também reportaram resultados de  $\text{VO}_2\text{max}$  no ciclismo aquático e terrestre de  $3,5\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ , em uma amostra composta por 10 sujeitos de 30 anos de idade pesando 70kg, mesmo tendo usado um modelo de bicicleta diferente.

Em um estudo mais recente, desenvolvido por Yazigi et al. (2013), o  $\text{VO}_2\text{max}$  alcançado por 10 sujeitos, pedalando em “*uphight position*,” também foi o mesmo para o ciclismo aquático e o terrestre ( $4,2\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Porém, esse grupo de sujeitos era mais jovem e mais fisicamente treinado do que o grupo de sujeitos da presente pesquisa, o que justifica os valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  mais elevados (DENADAI, 1999). Por outro lado, Sheldahl et al. (1986) utilizaram uma amostra composta por 22 sujeitos de 49 anos de idade com 83kg de massa corporal e encontraram valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  inferiores ao deste estudo ( $27\text{ml/kg/min}$ ), embora também não tenham sido diferentes entre o ciclismo aquático (*uphight position*) e terrestre.

Os resultados de  $\text{VO}_2\text{max}$  da presente pesquisa corroboram também os resultados dessa mesma variável reportados por Christie et al. (1990) e Connelly et al (1990), os quais encontraram os mesmos valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  de  $44\text{ml/kg/min}$  e  $36\text{ml/kg/min}$ , respectivamente. Já Almeling et al. (2006) e Carvalho (2008) foram os únicos a reportarem resultados inferiores de  $\text{VO}_2\text{max}$  no ciclismo aquático, em torno de  $500\text{ml/min}$  ( $p=0,007$  e  $p=0,001$ ). Como já foi explicado, a configuração de um maior nível de profundidade ou o uso de um modelo diferente de bicicleta aquática pode ter contribuído para a diferença nos resultados de  $\text{VO}_2\text{max}$ .

Considerando-se os valores similares de  $\text{VO}_2\text{max}$  e de pulso de  $\text{O}_2\text{max}$  ( $17\text{mlO}_2/\text{bat}$ ) encontrados na presente pesquisa no ciclismo aquático e uma redução de 5bpm em média na  $\text{FCmax}$  durante o ciclismo aquático (ver Tabela 1), uma alteração fisiológica que poderia justificar os mesmos valores de  $\text{VO}_2\text{max}$  seria um aumento da diferença artério venosa de  $\text{O}_2$  máxima. De acordo com Basset e Howley (2000), os possíveis fatores limitantes do  $\text{VO}_2\text{max}$ , estão relacionados a uma alteração a nível periférico ou central, relação esta que pode ser expressa

pela Equação de Fick:  $VO_{2max} = \text{Débito cardíaco máximo} \times \text{diferença artério venosa de } O_2$ , ou ainda  $VO_{2max} = FC_{max} \times VS_{max} \times \text{diferença (a-v)} O_2$ . O débito cardíaco máximo é uma medida de desempenho cardiovascular obtida pelo produto do  $VS_{max}$  pela  $FC_{max}$  e reflete o nível de limitação do  $VO_{2max}$  a nível central. Já a diferença artério venosa de  $O_2$  é a diferença entre a quantidade total de oxigênio consumido pela quantidade realmente utilizada, o que reflete o nível de capacidade de extração de oxigênio pela musculatura esquelética e lisa durante um exercício (POWERS; HOWLEY, 2000).

A redução na resposta da  $FC_{max}$  no ciclismo aquático tem sido atribuída à ação do mecanismo barorreceptor (CHRISTIE et al., 1990; SHELD AHL et al., 1984), o qual inibe a ação simpática sobre a função cardíaca como uma resposta reflexa ao aumento da pressão da circulação coronariana (POWERS; HOWLEY, 2000). No entanto, considerando-se o pulso de  $O_{2max}$ , a justificativa para os resultados inferiores de  $FC_{max}$  da presente pesquisa pode ser um aumento da diferença (a-v)  $O_{2max}$  conforme preconiza a Equação de Fick (POWERS; HOWLEY, 2000). Mas estas são apenas especulações baseadas nos resultados estimados de  $VS$  pelo cálculo do pulso de  $O_{2max}$ , o que de fato precisa ser melhor investigado.

Em relação à  $[La]_{max}$ , a ausência de diferença foi um resultado inesperado, uma vez que Connelly et al (1990) e Yázigi et al (2013) relataram que a  $[La]_{max}$  foi menor no ciclismo aquático (11,9 vs 14,9mmol/l). Tais pesquisadores atribuíram essa redução à maior oferta de oxigênio no ciclismo causada por alterações importantes no fluxo sanguíneo, o que também contribuiu para aumentar a capacidade oxidativa e a remoção de lactato pelos músculos inativos e lisos, além de atenuar a estimulação simpática. Eles também mencionaram a hipótese de que possa existir alguma alteração no padrão de recrutamento motor em meio líquido, afetando diretamente a interação entre os sistemas de energia no ciclismo aquático, quando comprado ao ciclismo terrestre.

Uma resposta fisiológica que tem sido relacionada à  $[La]$  durante o exercício incremental foi a  $VE_{max}$ . Assim, como não foram observadas alterações na  $[La]_{max}$ , também, não foi encontrada diferença entre os resultados da  $VE_{max}$ , os quais foram em média 130 l/min nos dois protocolos de ciclismo, resultado que corrobora os resultados de  $VE_{max}$  reportados por Sheldahl et al. (1984) (108 e 107l/min). Nenhum outro estudo foi encontrado, até o presente momento, comparando resultados de  $VE_{max}$  obtidos em protocolo incremental de ciclismo aquático e terrestre, com configurações de

protocolos similares, assim como também há carência de mais estudos comparando valores de  $[La]_{max}$  no ciclismo aquático e terrestre.

### **5.1.2 Resultados submáximos obtidos nos limites de intensidade do domínio fisiológico pesado de exercício**

O domínio fisiológico pesado compreende todas as intensidades de exercício localizadas entre o LL e a MFEL e, a sua identificação é fundamental para a prescrição de modelos de treinamento que visam o aprimoramento da aptidão aeróbia (BILLAT et al., 2003; DENADAI, 2000; FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009). Entretanto, este é um dos primeiros estudos a utilizar o conceito dos domínios fisiológicos para comparar resultados de respostas fisiológicas obtidas em protocolo incremental de ciclismo aquático e o terrestre.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5, o domínio fisiológico pesado foi delimitado por medidas de potência de pedalada menores no ciclismo no meio aquático do que no terrestre. Isso representou uma diminuição de 16W em média, o que corrobora os resultados submáximos de potência de pedalada encontrados por Almeling et al. (2006). Esses autores propuseram que fatores como a associação entre as forças de pressão hidrostática, de empuxo e de arrasto com a maior densidade e viscosidade da água limitaram a eficiência mecânica dos sujeitos durante o ciclismo aquático (MORLOCK; DRESSENDORFER, 1974; PENDERGAST; LUNDGREN, 2009; SOGABE et al., 1987).

Além disso, segundo esses autores, essa diferença também poderia estar relacionada às diferenças no padrão de recrutamento de fibras musculares, uma vez que o protocolo incremental de ciclismo aquático foi realizado com aumento na cadência de pedalada e o terrestre com aumento na potência de pedalada, sendo a cadência mantida constante. Além disso, como explicado anteriormente, os modelos de bicicletas utilizadas nos estudos também podem interferir em resultados de intensidades de pedalada. De fato, as fibras musculares do tipo II contêm concentração mais alta de enzimas glicolíticas do que fibras musculares do tipo I, o que favorece uma maior produção de potência muscular. Entretanto, as fibras do tipo I possuem uma menor concentração dessas enzimas glicolíticas e são mais oxidativas, o que não favorece elevados níveis de produção de potência muscular devido ao ritmo de contração dessas fibras (MAUGHAN; GLESSON, 2004). Esta justificativa parece ser mais pertinente para os resultados submáximos de potência menos elevados, encontrados durante protocolo incremental

de ciclismo aquático na presente pesquisa. Além disso, os percentuais da intensidade máxima em que os sujeitos alcançaram o LL, o Lan e o  $\Delta 50$  foram significativamente maiores no ciclismo aquático (cadência vs potência), o que também é um reflexo da diferença na forma de controlar a intensidade entre o meio líquido e terrestre.

O LL foi alcançado em  $69 \pm 5\%$  RPMmax no ciclismo aquático e  $41 \pm 11\%$  Pmax no terrestre. O Lan foi identificado em  $80 \pm 5\%$  RPMmax no meio líquido e, em  $63 \pm 14\%$  Pmax no terrestre. Todos esses resultados foram significativamente diferentes, mas o  $\Delta 50$  foi alcançado em  $85 \pm 3\%$  RPMmax, no ciclismo aquático, e em  $76 \pm 22\%$  Pmax, no terrestre (ver Tabela 6).

É interessante observar que, sob o ponto de vista da potência de pedalada, a prescrição dos limites de intensidade do domínio fisiológico poderia superestimar o nível de capacidade aeróbia dos praticantes, caso fossem transferidos resultados de ciclismo terrestre para ciclismo aquático. Por outro lado, sob a perspectiva dos percentuais da intensidade máxima (%RPMmax e %Pmax), esses limites do domínio fisiológico pesado foram alcançados em valores mais elevados no ciclismo aquático, de forma que ao transferir resultados de ciclismo terrestre para o aquático a prescrição poderia subestimar o nível de capacidade aeróbia individual. Dessa forma, ao prescrever a intensidade de treinamento no ciclismo aquático, em bicicletas aquáticas como a utilizada no presente estudo, é importante considerar-se RPMmax de cada praticante.

Embora o presente estudo tenha observado redução da capacidade de produção de potência muscular em termos absolutos no ciclismo aquático, as curvas de [La] foram similares nos meios líquido e terrestre, o que pode ser visualizado nas Tabelas 1, 2, 3 e 4. A intensidade do LL foi alcançada com uma [La] de 2mmol/l, o Lan com [La] de 4mmol/l e, o  $\Delta 50$ , com [La] de 5,5mmol/l, em ambos os ciclismoos, em meio líquido e terrestre. Apesar dos valores de [La] não terem apresentado diferença significativa nas intensidades submáximas, o ligeiro deslocamento para a direita na curva de [La] no ciclismo aquático, pode representar uma maior capacidade aeróbia em relação ao ciclismo terrestre (FAUDE; KINDERMANN; MEYER, 2009), o que pode ter sido uma consequência dos ajustes fisiológicos durante a realização de exercícios em meio líquido (KRUEL et al., 2014).

De acordo com Brooks (2009, 1991), a ação muscular é um dos principais responsáveis pela formação do lactato durante o exercício. Considerando-se que os resultados submáximos menos elevados de potência no ciclismo aquático foram causados por diferenças no

recrutamento de fibras do tipo I e II, o ligeiro deslocamento da curva de [La] pode estar sinalizando a maior capacidade aeróbia no ciclismo aquático em virtude da maior quantidade de fibras do tipo I recrutadas, as quais possuem um maior potencial oxidativo e são mais econômicas em termos de  $\text{VO}_2$  do que as fibras do tipo II (MAUGHAN; GLESSON, 2004). Essa alteração na capacidade aeróbia no ciclismo aquático por causa de diferenças no recrutamento de fibras foi proposta também por Connelly et al. (1990), que ao compararem resultados submáximos de catecolaminas e de [La] entre os ciclismo aquáticos e terrestre, verificaram menores valores em meio líquido, o que foi considerado significativo apenas a partir de  $80\%\text{VO}_{2\text{max}}$ . Este resultado corrobora parcialmente a presente pesquisa, já que Connelly et al. (1990) também não observaram diferenças nas [La] até esta intensidade.

Connelly et al. (1990) reportaram uma diminuição também das concentrações de catecolaminas plasmáticas também partir de  $80\%\text{VO}_{2\text{max}}$  no ciclismo aquático e justificaram que a resposta do sistema parassimpático possa ter inibido a magnitude da resposta simpática a partir dessa intensidade (mecanismo barorreceptor), o que teria interferido diretamente nos níveis de [La] encontrados por eles. Outra justificativa apresentada pelos autores para explicar a diminuição na [La], seria que um maior fluxo sanguíneo central em ambiente aquático contribui para aprimorar o transporte de oxigênio e a remoção de lactato e, por isso, houve menor estímulo simpático e uma menor taxa de glicogenólise.

Essa segunda justificativa parece ser mais adequada se a alteração no padrão de recrutamento de fibras for considerada, uma vez que Connelly et al (1990) também compararam o ciclismo aquático e o terrestre em duas bicicletas diferentes, assim como na presente pesquisa. Nenhum outro estudo foi encontrado comparando resultados submáximos de [La] entre os ciclismo aquático e terrestre e estas justificativas apresentadas por Connelly et al. (1990), apesar de especulativas, podem ser as mais adequadas para explicar os resultados da presente pesquisa.

Quando se volta a atenção para os  $\%\text{VO}_{2\text{max}}$  encontrados na presente pesquisa, é possível verificar que o  $\Delta 50$  foi alcançado a  $76\%\text{VO}_{2\text{max}}$  no ciclismo aquático e a  $80\%\text{VO}_{2\text{max}}$  no ciclismo terrestre (ver Tabela 6). Embora essa diferença não seja significativa, há uma aparente diminuição em termos da capacidade relativa ao  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $\%\text{VO}_{2\text{max}}$ ) no ciclismo aquático. Além disso, sugere-se que na transição entre os domínios pesado e severo não houve diferença na magnitude da resposta simpática entre os ciclismo, já que nem a FC e

tão pouco a [La] foram diferentes. Os valores %VO<sub>2</sub>max determinados a partir dos valores de VO<sub>2</sub> relativos à massa corporal dos sujeitos (ml/kg/min), encontrados no LL e no Δ50 foram os mesmos para o ciclismo em ambiente terrestre e aquático, mas os %VO<sub>2</sub>max descritos em termos absolutos (ml/min) foram menores em todas as intensidades submáximas no ciclismo aquático. Esse resultado pode estar simbolizando uma maior interferência de fatores como a composição corporal e as forças hidrodinâmicas sobre a estabilidade corporal durante o desempenho dos sujeitos no ciclismo aquático (DENADAI, 2000).

Outra variável investigada na presente pesquisa foi a VE. A magnitude da VE depende de fatores como a capacidade vital dos pulmões (volume total que pode ser movimentado) e da frequência respiratória, o que não limita o desempenho em exercícios progressivos. Durante o exercício incremental, ela aumenta exponencialmente, acompanhando o aumento também exponencial da [La] (POWERS; HOWLEY, 2000). Como não houve diferença nos resultados de [La], esperava-se também não observar diferenças nessa variável ao comparar os resultados de ciclismo aquático e terrestre na presente pesquisa.

Em relação à FC, não foram encontradas diferenças entre o ciclismo aquático, tanto em termos absolutos (bpm), quanto relativos à FCmax (% FCmax). Foram encontrados os mesmos valores submáximos de 114bpm no LL, 136bpm no Lan e 146bpm no Δ50, nos ciclismo aquático e terrestre. Martins et al. (2007), por exemplo, reportaram valores de FC em torno de 162- 172bpm no Lan durante o ciclismo aquático. No entanto, eles utilizaram um método indireto para identificação do Lan, com base na determinação do ponto de deflexão da FC, o que pode ter levado a resultados superestimados de FC nessa intensidade. Infelizmente, esses autores não compararam este modelo de protocolo (estágios de um minuto) ao modelo utilizado na presente pesquisa, que propõe coleta de [La] e estágios com três minutos de duração, além de não compararem com o ciclismo terrestre para investigar a existência de possíveis alterações na resposta da FC no Lan.

Além deles, nenhum outro grupo de pesquisa reportou valores submáximos de FC ou de VE obtidos no LL, no Lan ou no Δ50, durante um protocolo incremental de ciclismo aquático, mas há estudos que apresentaram resultados submáximos de FC obtidos em intensidades de exercício determinadas sem serem considerados os limites de intensidade do domínio pesado (ALMELING et al., 2006; CHEN et al., 1996). De acordo com os resultados reportados por Sheldahl et al. (1984, 1987), a FC mantém-se a mesma entre o ciclismo no meio líquido e

terrestre até 80%  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ , mas a partir desta intensidade, ela sofre atenuação de 10bpm em média até o final do exercício.

Os resultados submáximos de FC apresentados por Christie et al. (1990) corroboraram os de Sheldhal e col. porque também foram em média 10bpm menores a partir de 80%  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ . Esses grupos de pesquisadores comprovaram a existência de um maior fluxo sanguíneo central em ambiente aquático ao apresentarem resultados submáximos de VS e do débito cardíaco maiores (de 1 a 2l/min >), durante o ciclismo aquático. Devido a essas alterações, tais pesquisadores atribuíram a diminuição da FC em níveis de intensidade submáximos a uma resposta reflexa do sistema nervoso central, desencadeada pelo mecanismo barorreceptor.

Os barorreceptores são terminações nervosas localizadas no coração e, no caso dessas pesquisas, foram ativados por um aumento excessivo do VS. Como resposta reflexa, os barorreceptores provocaram uma atenuação da FC através da inibição da resposta simpática, a fim de controlar o débito cardíaco e conservar a pressão sanguínea em um nível normal (POWERS; HOWLEY, 2000). Connelly et al. (1990) também verificaram diminuição de 10bpm no ciclismo aquático nesta intensidade, além de diminuição nas concentrações das catecolaminas. Segundo esses autores, a resposta simpática pode ter sido predominante à parassimpática, mantendo os níveis de FC iguais nos dois ambientes, aquático e terrestre.

Com base nesta justificativa, acredita-se na possibilidade de que os índices fisiológicos foram alcançados nos mesmos valores absolutos de FC no ciclismo aquático e terrestre, com mesmo nível de [La], provavelmente porque a resposta do sistema autônomo simpático manteve-se predominante ao parassimpático em todas essas intensidades. Chen et al. (1996) também não verificaram diferença nas respostas submáximas de FC entre ciclismo aquático e terrestre, reforçando em parte esta justificativa, uma vez que tais autores não mediram [La]. Ainda em relação aos resultados de FC, embora a FCmax tenha sido menor no ciclismo aquático (171bpm vs 176bpm), todos os percentuais de FCmax correspondentes ao LL, o Lan e o  $\Delta 50$  foram os mesmos em ambos os ambientes aquático e terrestre. Estes resultados demonstram que a prescrição de programas de treinamento aeróbio no ciclismo aquático pode ser mais precisa se for por meio da determinação de percentuais da FCmax ou de valores absolutos de FC, os quais inclusive podem ser transferidos de uma modalidade para a outra.

Enfim, ao serem observados os valores submáximos do  $\text{VO}_2$  e do pulso de  $\text{O}_2$  encontrados nas intensidades que delimitam o domínio



pesado, é possível verificar que eles foram menores no ciclismo aquático (ver Tabelas 2,3 e 4). Os valores de  $\text{VO}_2$ , em termos absolutos, foram 1,4 e 1,6 l/min no LL, 2,0 e 2,2 l/min no Lan e 2,2 e 2,4 l/min no  $\Delta 50$  do ciclismo aquático e terrestre respectivamente (diferença média de 200 ml/min). E os valores de  $\text{VO}_2$ , relativos à massa corporal dos sujeitos, foram 19,2 e 22,1 l/min no LL, 25,8 e 29,1 no Lan e 29,1 e 31,8 no  $\Delta 50$  (diferença média de 3 ml/kg/min).

Com exceção de Almeling et al. (2006) e da presente pesquisa, nenhum outro estudo foi encontrado reportando diferenças no  $\text{VO}_2$  entre ciclismo aquático e terrestre, em intensidades submáximas de exercício progressivo. Esses autores encontraram atenuação da resposta submáxima do  $\text{VO}_2$  no ciclismo aquático de 500 ml/min. Talvez essa maior magnitude de diferença, observada por eles, ocorreu devido a uma maior influência da imersão (forças hidrodinâmicas), já que os sujeitos realizaram os testes de ciclismo aquático em submersão total, dentro de um tanque de três metros de profundidade. Somado a isso, o equipamento utilizado para medir os gases respirados exigia um esforço respiratório extra por parte dos sujeitos. Juntos esses fatores podem ter diminuído significativamente a capacidade mecânica e limitado o aumento do  $\text{VO}_2$  no ciclismo aquático.

Se considerarmos os resultados submáximos de  $\text{VO}_2$  reportados por outros pesquisadores ao compararem os ciclismo aquático e terrestre, nenhum deles foi diferente entre os meios aquático e terrestre. Christie et al. (1984) encontraram valores similares de  $\text{VO}_2$  nos dois ciclismo em intensidades de exercício que representaram 40% (18 ml/kg/min), 60% (26,5 ml/kg/min) e 80% (36,5 ml/kg/min) do  $\text{VO}_{2\text{MAX}}$ . Mas como o  $\text{VO}_{2\text{max}}$  dos sujeitos desses estudos foi também o mesmo, certamente os valores de  $\text{VO}_2$  submáximo comparados em um determinado percentual do  $\text{VO}_{2\text{max}}$  também seriam os mesmos. Assim como eles, Chen et al (1996) também não observaram nenhuma alteração na magnitude da resposta do  $\text{VO}_2$ , porém eles compararam com base em valores absolutos de potência de pedalada, e conforme foi explicado anteriormente, este método pode subestimar a intensidade em que o LL e os Lan são alcançados em relação ao ciclismo terrestre.

Além disso, alguns pesquisadores reportaram aumento do VS durante todo o protocolo incremental de ciclismo aquático, resultado este também contraditório ao da presente pesquisa (CHRISTIE et al., 1990; SHELDAHL et al., 1987). O pulso de  $\text{O}_2$ , medida usada para estimar o VS na presente pesquisa, foi menor em todas as intensidades submáximas de exercício. Considerando-se que a FC e a [La] não foram diferentes no ciclismo em meio líquido ou terrestre, demonstrando uma

menor influência da alteração do fluxo sanguíneo sobre essas variáveis, a alteração no padrão de recrutamento muscular causado por diferenças na forma de controlar a intensidade desses dois exercícios, parece justificar melhor os resultados submáximos da presente pesquisa.

## 5.5 PROTOCOLO CONSTANTE DE CICLISMO AQUÁTICO E TERRESTRE

A intensidade obtida no cálculo do  $\Delta 50$  foi usada para investigar respostas fisiológicas em protocolo constante, uma vez que ela parece ficar muito próxima à MFEL (CARTER et al., 2000), a qual é conhecida por ser a mais elevada intensidade que pode ser mantida por prolongados períodos de tempo em estabilidade de [La] (BENEKE, 2003). Para esta etapa da pesquisa, foram coletados dados de seis sujeitos dos 15 que compuseram a amostra dos protocolos incrementais.

No ciclismo aquático o  $\Delta 50$  foi encontrado a  $75 \pm 8\%$   $VO_{2max}$  no ciclismo aquático e  $81 \pm 5\%$   $VO_{2max}$  no ciclismo terrestre, diferença essa não significativa. Nessa intensidade de exercício, conforme podem ser observados na Figura 8, os sujeitos alcançaram valores de Tlim muito próximos em ambos os ambientes aquático e terrestre, o que foi  $41 \pm 7min$  e  $43 \pm 7min$  ( $p=0,06$ ) respectivamente. Isso representa que os sujeitos conseguiram manter o mesmo nível de estabilidade metabólica no ambiente líquido e terrestre (BILLAT et al., 2004).

De acordo com Beneke (2003), a perda de estabilidade na [La] é confirmada quando é observado um aumento maior que  $1mmol/l$  nos últimos 20 minutos de exercício constante prolongado. Os resultados do delta entre a [La] no Tlim e no décimo minuto de exercício foram em média  $0,3mmol/l$  e  $-0,2mmol/l$  nos ciclismo aquático e terrestre, confirmando a estabilidade metabólica esperada para essa intensidade (Tabela 8); no entanto, observa-se também o desvio padrão um pouco elevado dessas medidas. Grossl (2011) investigaram a determinação direta da MFEL em ciclistas treinados e verificaram um delta de [La] entre o Tlim e o décimo minuto de  $1,1mmol/l$ . Este resultado dá suporte para considerar que o desvio padrão do delta de [La] de  $1,1mmol/l$ , encontrado nos ciclismo aquático e terrestre na presente pesquisa, são valores de estabilidade aceitáveis (ver Figura 10).

Além disso, o valor médio de [La] no protocolo constante de ciclismo aquático foi  $0,9mmol/l$  maior do que no ciclismo terrestre. Conforme relatado por Billat (2003), o fluxo sanguíneo exerce uma grande influência sobre a taxa de remoção metabólica do lactato, em virtude de um fluxo sanguíneo mantendo gradiente favorável de troca do

meio extra para o intracelular. Embora ainda seja incerto que adaptações fisiológicas ocorrem ao nível celular para permitir uma estabilidade metabólica mais elevada na MFEL (BILLAT et al., 2003), o maior fluxo sanguíneo parece explicar os maiores níveis de [La] observados no ciclismo aquático.

Conforme reportado por Christie et al. (1990), há um aumento significativo do retorno sanguíneo e do VS em intensidade elevadas no ciclismo aquático. Bréchat et al. (2013) também reportaram esta alteração ao compararem respostas fisiológicas em protocolo constante de ciclismo aquático e terrestre. Os autores verificaram que o VS foi maior a 60%VO<sub>2</sub>max no ciclismo aquático e atribuíram este resultado a um aumento do retorno venoso periférico. Dessa maneira, acredita-se na possibilidade de que no ciclismo aquático a MFEL pode ser mantida com níveis mais elevados de [La].

É interessante observar que Bréchat et al. (1999) também reportaram resultados mais elevados de [La] em protocolo constante de ciclismo aquático (8,1mmol/l), quando comparado com o terrestre, ambos realizados a 60%VO<sub>2</sub>max (3mmol/l). Neste estudo de Bréchat et al. (1999), os sujeitos alcançaram uma [La] mais elevada do que a média de [La] de 6,5mmol/l encontrada na presente pesquisa. A forma generalizada de determinação de intensidade de exercício empregada por esses autores pode tê-los conduzido a comparações equivocadas, de forma que alguns sujeitos podem ter tido suas cargas de exercício superestimadas e níveis de [La] mais elevados no ciclismo aquático. Além disso, esses autores não investigaram o Tlim.

Benelli et al. (2004) também compararam resultados de [La] entre o ciclismo aquático e terrestre em intensidades que variaram de 71-84%FCmax no ciclismo terrestre e de 44-77% FCmax no aquático. Os sujeitos dessa pesquisa permaneceram 15 minutos em exercício e alcançaram [La] de 1,7-3,2mmol/l, no ciclismo aquático e de 3,0-5,6mmol/l no ciclismo terrestre. Esses autores verificaram diminuição da [La], mas se considerarmos que os sujeitos estavam em percentuais menos elevados da FCmax, esta diferença já era esperada.

Na presente pesquisa, os sujeitos iniciaram os protocolos constantes em torno de 80%FCmax e terminaram o teste a 90±6%FCmax, sem que tivessem alterado a cadência de pedalada. Essa intensidade foi superior à investigada por Benelli e col., mas semelhante à encontrada por Carter et al. (2000), os quais reportaram valores de 85%FCmax também na intensidade correspondente ao Δ50 em ciclistas. Esses percentuais, em termos absolutos, representaram uma elevação de cerca de 25bpm ao longo dos testes, corroborando o aumento

progressivo de 20 bpm observado em protocolo constante prolongado de ciclismo por Grossl (2011) e Dittrich (2012). Além disso, o aumento de 20 l/min na ventilação encontrado no presente estudo também corrobora o resultado de 20 l/min de aumento nessa variável encontrado por Grossl (2011) e Dittrich (2012), ao investigarem a determinação direta da MFEL em ciclistas. Tais alterações já eram esperadas e confirmam uma das hipóteses levantadas na presente pesquisa. Esses resultados podem ser melhor visualizados na Figura 11.

O pulso de  $O_2$  manteve-se com o mesmo nível ao longo dos dois testes, no entanto, os resultados de  $VO_2$  obtidos no terceiro minuto de exercício e no Tlim dos protocolos constantes de ciclismo aquático foram inferiores aos do ciclismo terrestre, conforme pode ser observado na Tabela 7. O  $VO_2$  foi menor no ciclismo aquático, tanto no terceiro minuto de teste quanto no Tlim, com uma redução significativa de 200ml/l e/ou 5ml/kg/min.

Conforme propuseram Gaesser e Poole (1996) e Jones et al. (2011), em protocolo constante prolongado, é possível observar um atraso na estabilização do  $VO_2$ , o que gera um gasto energético adicional que pode ser mensurado pelo componente lento do  $VO_2$ . Além disso, o componente lento indica um recrutamento adicional de fibras musculares do tipo II, as quais são menos eficientes sob o ponto de vista oxidativo (MAUGHAN; GLESSON, 2004). Carter et al. (2000), por exemplo, encontraram 344ml/min de componente lento em ciclistas pedalando na intensidade do  $\Delta 50$ , valor este superior ao observado por eles em esteira rolante nessa mesma intensidade (204ml/min), o que significou um recrutamento adicional de fibras do tipo II na corrida.

Na presente pesquisa, não houve diferença significativa ( $p=0,46$ ) entre o valor de componente lento estimado em  $106,1 \pm 114,8$ ml/min ( $0,9 \pm 0,9$ ml/kg/min) no ciclismo aquático e em  $195,5 \pm 237,8$ ml/min ( $1,4 \pm 2,6$ ml/kg/min) no terrestre. Isso sugere que apesar das diferenças ambientais e dos modelos de bicicletas utilizadas, a intensidade de esforço parece ter sido muito similar durante os protocolos constantes de ciclismo aquático e terrestre. Tais evidências ainda sugerem que a determinação do  $\Delta 50$  é um método eficaz para comparar respostas fisiológicas em ritmo constante de exercício.

Além disso, acredita-se que um maior fluxo sanguíneo, causado pela imersão durante o ciclismo aquático, permitiu aos sujeitos pedalarem com [La] mais elevadas durante o protocolo constante no ciclismo terrestre. Embora os sujeitos tenham pedalado com níveis de [La] mais elevados no ciclismo aquático, foi observada a mesma magnitude de componente lento, o que contradiz as justificativas

encontradas para explicar as diferenças nas respostas fisiológicas observadas no protocolo incremental. Além disso, a ausência de diferença no  $T_{lim}$  demonstra que as alterações fisiológicas observadas durante o protocolo constante em meio líquido não alteraram o nível de desempenho dos sujeitos no ciclismo aquático.

A presente pesquisa, no entanto limitou-se a comparar as respostas fisiológicas  $VO_2$ , FC, [La], VE e pulso de  $O_2$  e em um modelo de bicicleta aquática na qual não foi possível mensurar diretamente a potência de pedalada. Além disso, não foram realizadas medidas neuromusculares para que a hipótese levantada a respeito das diferenças no recrutamento muscular pudesse ser comprovada. No entanto, foi possível verificar que os limites de intensidade do domínio pesado, em especial a MFEL, pode ser identificada nos mesmos valores percentuais de  $FC_{max}$  e de  $VO_{2max}$ , nas duas modalidades e, que a performance no protocolo constante de ciclismo aquático não foi alterada em virtude de possíveis diferenças no fluxo sanguíneo e no recrutamento muscular. Por fim, houve limitação na quantidade de sujeitos que realizaram os protocolos constantes devido à uma falha no equipamento de análise de gases respirados.



## 6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados das respostas fisiológicas máximas,  $\text{VO}_{2\text{max}}$ ,  $\text{VE}_{\text{max}}$ ,  $[\text{La}]_{\text{max}}$ , e pulso de  $\text{O}_{2\text{max}}$ , não houve diferença entre o desempenho dos sujeitos durante o ciclismo aquático e o terrestre. Já a  $\text{FC}_{\text{max}}$  foi significativamente menor ciclismo aquático, o que já era esperado. Quanto à intensidade máxima alcançada nos protocolos incrementais,  $\text{P}_{\text{max}}$  estimada no ciclismo aquático foi inferior àquela alcançada no ciclismo terrestre.

O LL, o  $\text{Lan}$  e o  $\Delta 50$  foram identificados nos mesmos valores absolutos de FC e relativos à  $\text{FC}_{\text{max}}$  ( $\%\text{FC}_{\text{max}}$ ) no ciclismo em ambiente aquático e terrestre, assim como para os valores relativos ao  $\text{VO}_{2\text{max}}$  ( $\%\text{VO}_{2\text{max}}$ ). Entretanto, estes índices foram alcançados em intensidades relativas ( $\%\text{RPM}_{\text{max}}$  vs  $\%\text{P}_{\text{max}}$ ) inferiores no ciclismo aquático, assim como as medidas de potência de pedalada, que foram estimadas para o ciclismo aquático, também foram menores.

As respostas fisiológicas submáximas FC, VE, e  $[\text{La}]$  não foram diferentes entre ciclismo aquático e terrestre em nenhuma das intensidades submáximas analisadas, mas o  $\text{VO}_2$  e o pulso de  $\text{O}_2$  foram menores no ciclismo aquático. O  $\text{VO}_2$  também foi maior no ciclismo terrestre do que no aquático ao serem comparados os resultados dos protocolos constantes. Mas as respostas de FC, VE e do pulso de  $\text{O}_2$  foram os mesmos nos ambientes líquido e terrestre.

Com relação à  $[\text{La}]$ , o nível de concentração foi mais elevado no protocolo constante de ciclismo aquático. Apesar dessa diferença no nível de  $[\text{La}]$ , nos protocolos constantes de ciclismo, a diferença entre a  $[\text{La}]$  do décimo e do trigésimo minuto não foi maior que  $1\text{mmol/l}$ , caracterizando a MFEL tanto no meio líquido quanto no terrestre.

Apesar dessas diferenças nas respostas fisiológicas entre o ciclismo aquático e terrestre, o  $\text{Tlim}$  e o componente lento do protocolo constante realizado em meio líquido foram similares aos do meio terrestre. A identificação do  $\Delta 50$ , ou de outros valores percentuais do delta entre o LL e o  $\text{VO}_{2\text{max}}$ , representa uma abordagem aparentemente válida para comparar respostas fisiológicas em exercícios realizados em condições ambientais diferenciadas.

Ainda com base nos resultados da presente pesquisa, recomenda-se a identificação da  $\text{RPM}_{\text{max}}$  para melhor controle da intensidade das sessões de exercício aeróbio no ciclismo aquático, o que pode ser obtido realizando-se um protocolo incremental com estágios de um a três minutos de duração e incrementos de intensidade em torno de  $3^{\circ}5\text{RPM}$  conforme o modelo de bicicleta utilizada. A manutenção da cadência é

fundamental para a realização de sessões de exercício constante de média e longa duração no ciclismo aquático, de forma que a utilização de metrônimos nas aulas, além de músicas, também pode ser uma alternativa para facilitar o controle da RPM por parte dos alunos. No entanto, as medidas FC devem ser utilizadas com cautela para controlar a carga interna de esforço durante sessões de ciclismo aquático. Isso porque, fatores como a temperatura da água, o nível de imersão e variações na posição do tronco podem influenciar esta variável fisiológica.

Por fim, sugere-se ainda que futuras pesquisas investiguem a validade e a reprodutibilidade desses protocolos no ciclismo aquático, além de testar a sua aplicação para medir o efeito crônico do treinamento desta modalidade.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMELING, M. et al. Validity of cycle test in air compared to underwater cycling . **Rubicon Research Respiratory**, v. 33, n. 1, p. 45–53, 2006.
- AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. **Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 8.ed. Chicago: 2009.
- AQUATIC EXERCISE ASSOCIATION. **Standards & Guidelines: Aquatic Fitness Programming**, 2011.
- ASTRAND, P.-O. **Experimental Studies of Physical Working Capacity in Relation to Sex and Age**. Copenhagen: 1952.
- BARBOSA, T. M. et al. Physiological assessment of head-out aquatic exercises in healthy subjects : A qualitative review. **Journal of science and medicine**, v. 8, n. June, p. 179–189, 2009.
- BARON, B. et al. Why does exercise terminate at the maximal lactate steady state intensity? **British Journal of Sports Medicine**, v. 42, n. 10, p. 828–33, out. 2008.
- BARROS, G. et al. Respostas agudas do duplo produto e da percepção subjetiva de esforço em protocolos de ciclismo indoor e aquático. **Revista Brasileira de Ciencias e Movimento**, v. 17, n. 2, 2009.
- BASSET, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, p. 70–84, 2000.
- BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 95–9, mar. 2003.
- BENEKE, R.; VON DUVILLARD, P. S. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events.pdf. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, p. 241–246, 1996.
- BENELLI, P.; DITROILO, M.; VITO, G. Physiological responses to fitness activities: a comparison between land-based and water aerobic exercises. **Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association**, v. 18, n. 4, p. 719–23, 2004.
- BILLAT, V. et al. Times to exhaustion at 100% of velocity and modelling of the time-limit velocity relationship in elite long distance runners. **European Journal of Applied Physiology**, v. 69, p. 271–273, 1994.
- BILLAT, V. et al. Training effect on performance, substrate balance and blood lactate concentration at maximal lactate steady state in master endurance-runners. **Pflügers Archiv : European journal of physiology**, v. 447, n. 6, p. 875–83, mar. 2004.

- BILLAT, V. L. et al. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. **Sports Medicine**, v. 33, n. 6, p. 407–26, jan. 2003.
- BRASIL, R. M. et al. Comparison of physiological and perceptual responses between continuous and intermittent cycling. **Journal of Human Kinetics Special Issue**, v. 29A, p. 59–68, set. 2011.
- BRASIL, R.; MASI, F. DI. **Manual do Aquaspin**. 1.ed. São Paulo: Sprint, 2004.
- BRÉCHAT, P. et al. Influence of immersion on respiratory requirements during 30-min cycling exercise. **The European Respiratory Journal**, v. 13, n. 4, p. 860–6, abr. 1999.
- BRÉCHAT, P.-H. et al. Hemodynamic requirements and thoracic fluid balance during and after 30minutes immersed exercise: Caution in immersion rehabilitation programmes. **Science & Sports**, v. 28, n. 1, p. 17–28, fev. 2013.
- BROOKS, G. A. Cell-cell and intracellular lactate shuttles. **The Journal of Physiology**, v. 587, n. 23, p. 591–600, 1 dez. 2009.
- BROOKS, G. A. Current Concepts in Lactate Exchange. v. 23, n. 6, p. 895–906, 1991.
- CARTER, H. et al. Oxygen uptake kinetics in treadmill running and cycle ergometry: a comparison. **J Appl Physiol**, v. 89, n. 3, p. 899–907, 1 set. 2000.
- CARVALHO, R. G. S. **Análise da Atividade Muscular e Consumo de Oxigênio no Ciclismo dentro e fora da água**. Belo Horizonte. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.
- CHEN, A. A. et al. Design and evaluation of a modified underwater cycle ergometer. **Can. Appl. Physiol.**, v. 21, n. 2, p. 134–148, 1996.
- CHRISTIE, J. L. et al. Cardiovascular regulation during head-out water immersion exercise. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 69, n. 2, p. 657–64, ago. 1990.
- CONNELLY, T. P. et al. Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 69, n. 2, p. 651–6, ago. 1990.
- CYRINO, E. S. et al. Validação de Equações Antropométricas para a Estimativa da Massa Muscular por Meio de Absortometria Radiológica de Dupla Energia em Universitários do Sexo Mas. **Rev. Bras. Med. Esporte**, v. 14, p. 376–380, 2008.
- DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Statistics without maths for psychology: using SPSS for Windows**. 3.ed. New Jersey: 2004.
- DENADAI, B. **Índices fisiológicos de avaliação aeróbia: conceitos e aplicações**. Ribeirão Preto: B.S.D, 1999.

DENADAI, B. Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo. **Rio Claro: Motrix**, 2000.

DENADAI, B. S.; ROSAS, R.; DENADAI, M. L. D. R. Limiar aeróbio e anaeróbio na corrida aquática : comparação com os valores obtidos na corrida em pista. **Revista brasileira de Atividade Física e Saúde**, v. 2, n. 1, p. 23–28, 1997.

DITTRICHI, N. **Respostas cardiorrespiratórias, neuromusculares e bioquímicas no tempo de exaustão em protocolo contínuo e intermitente na corrida**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

FAUDE, O.; KINDERMANN, W.; MEYER, T. Lactate threshold concepts: how valid are they? **Sports Medicine**, v. 39, n. 6, p. 469–90, jan. 2009.

FERREIRA, A. C. et al. Comparação das respostas hemodinâmicas entre o ciclismo indoor e o ciclismo aquático. **Arquivos em Movimento**, v. 1, n. 2, p. 29–38, 2005.

FONTANA, P.; BOUTELLIER, U.; KNÖPFLI-LENZIN, C. Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. **European Journal of Applied Physiology**, v. 107, n. 2, p. 187–92, set. 2009.

GAESSER, G. A.; POOLE, D. C. The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 24, p. 35–71, jan. 1996.

GASTIN, P. B. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. **Sports Medicine**, v. 31, n. 10, p. 725–41, jan. 2001.

GIACOMINI, F. et al. The cardiovascular response to underwater pedaling at different intensities : a comparison of 4 different water stationary bikes. **Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 49, n. 4, p. 432–41, 2009.

GROSSL, T. **Tempo de Exaustão na Máxima Fase Estável de Lactato em Protocolo Contínuo e Intermitente no Ciclismo**. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2011.

HECK, H.; MADER, A.; HESI, G. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, v. 6, p. 117–130, 1985.

HOPKINS, W. G. Measures of reliability in sports medicine and science. **Sports Medicine**, v. 30, n. 1, p. 1–15, jul. 2000.

JACKSON, A S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **The British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, nov. 1978.

- JONES, A. M. et al. Slow component of VO<sub>2</sub> kinetics: mechanistic bases and practical applications. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 43, n. 11, p. 2046–62, nov. 2011.
- KRUEL, L. F. M. et al. Using heart rate to prescribe physical exercise during head-out water immersion. **Journal of Strength and Conditioning research / National Strength & Conditioning Association**, v. 28, n. 1, p. 281–289, 2014.
- LANSLEY, K. E. et al. A “new” method to normalise exercise intensity. **International Journal of Sports Medicine**, v. 32, n. 7, p. 535–41, jul. 2011.
- LEE, R. C. et al. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. **Am J Clin Nutr**, v. 72, n. 3, p. 796–803, 1 set. 2000.
- MARTINS, J. N. et al. Teste de Conconi adaptado para bicicleta aquática. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 5, p. 317–320, 2007.
- MASI, F. DI et al. Is blood lactate removal during water immersed cycling faster than during cycling on land? **Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia**, v. 6, n. February, p. 188–192, 2007.
- MAUGHAN, R.; GLESSON, MI. **As Bases Bioquímicas do Desempenho Nos Esportes**. 1.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- MENEGHELO, R. S. et al. II Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre teste ergométrico. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 95, n. 5, p. 1–26, 2010.
- MORLOCK, J.; DRESSENDORFER, R. Modification of a standard bicycle ergometer for underwater use. **Undersea Biomedical Research**, v. 1, n. 4, p. 335 – 41, 1974.
- NOAKES, T. D. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 20, n. 4, p. 319–30, ago. 1988.
- PENDERGAST, D. R.; LUNDGREN, C. E. G. The underwater environment : cardiopulmonary , thermal , and energetic demands. **J Appl Physiol**, v. 106, n. November, p. 276–283, 2009.
- PERINI, R. et al. Heart rate variability in exercising humans : effect of water immersion. **European Journal of Applied Physiology**, v. 77, p. 326–332, 1998.
- POWERS, S. K.; HOWLEY, E. T. **Fisiologia do exercício: teoria e aplicação ao condicionamento e ao desempenho**. 6.ed. São Paulo: Manole, 2000.

- SANTOS, S. G. **Santos**. 1.ed. Florianópolis: Tribo da Ilha, 2011.
- SHELDAHL, L. M. et al. Effect of central hypervolemia on cardiac performance during exercise. **Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology**, v. 57, n. 6, p. 1662–7, dez. 1984b.
- SHELDAHL, L. M. et al. Effect of head-out water immersion on response to exercise training. **Journal of Applied Physiology**, v. 60, n. 6, p. 1878–81, jun. 1986.
- SHELDAHL, L. M. et al. Effect of head-out water immersion on cardiorespiratory response to dynamic exercise. **Journal of the American College of Cardiology**, v. 10, n. 6, p. 1254–1258, 1987.
- SJODIN, B.; JACOBS, I.; SVEDENHAG, J. Changes in Onset of Blood Lactate Accumulation (OBLA) and Muscle Enzymes After Training at OBLA. **European Journal of Applied Physiology**, v. 49, p. 45–57, 1982.
- SOGABE, Y. et al. Modification of a conventional bicycle ergometer for underwater use. **Journal of UOEH**, v. 9, n. 3, p. 279–85, 1 set. 1987.
- SRÁMEK, P. et al. Human physiological responses to immersion into water of different temperatures. **European Journal of Applied Physiology**, v. 81, n. 5, p. 436–42, mar. 2000.
- TEIXEIRA, A. S. et al. Resposta cardiorrespiratória e gasto energético em exercício na máxima fase est[avel de lactato. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 16, n. 2, p. 212–222, 2014.
- THOMAS, S.; READING, J.; SHEPHARD, R. J. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). **Canadian Journal of Sport Sciences**, v. 17, n. 4, p. 338–45, dez. 1992.
- WILCOCK, I. The effect of water immersion , active recovery and passive recovery on repeated bouts of explosive exercise and blood plasma fraction. **Sports Medicine**, v.36, n.9, p747-765, 2006.
- WINGO, J. E. et al. Cardiovascular drift is related to reduced maximal oxygen uptake during heat stress. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 37, n. 2, p. 248–55, fev. 2005.
- YAZIGI, F. et al. The cadence and water temperature effect on physiological responses during water cycling. **European Journal of Sport Science**, v. 13, n. 6, p. 659–65, jan. 2013.



## ANEXO 1

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidadas (a) a participar da pesquisa intitulada *Respostas cardiorrespiratórias, metabólicas e de temperatura corporal no tempo de exaustão em protocolo constante no ciclismo aquático e no ciclismo indoor*. Sua participação não é obrigatória, não haverá nenhuma forma de compensação financeira, não haverá nenhum custo para você e a qualquer momento você pode desistir de participar e retirar seu consentimento.

As avaliações serão realizadas junto ao Laboratório de Esforço Físico (LAEF), vinculado ao Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A participação no estudo não envolve nenhum gasto para o participante e todos os materiais necessários serão providenciados pelos pesquisadores. Com sua adesão ao estudo, você ficará disponível para a pesquisa em algumas visitas ao CDS, com duração aproximada de 120 minutos cada.

Com a sua adesão ao estudo, você deverá estar disponível para pesquisa, por quatro ocasiões diferentes, com pelo menos 48h de diferença entre cada uma delas e respeitando-se o período máximo de 20 dias para completar os quatro testes. As coletas de dados serão realizadas em dois locais distintos, os testes de ciclismo indoor serão realizados no Laboratório de Esforço Físico da Universidade Federal de Santa Catarina (LAEF) e os testes de ciclismo aquático serão realizado na piscina adaptada do CDS.

Na primeira visita serão apresentados os procedimentos de cada teste e serão obtidas algumas medidas antropométricas. Ainda na primeira visita, será realizado um teste incremental de ciclismo indoor começando com uma carga de 25W e o aumento da carga será constante e gradual.

Durante o teste serão mensuradas algumas medidas cardiorrespiratórias e coletadas amostras de sangue do lóbulo da orelha. Para obter tais medidas você será conectado a um sistema que consiste em uma máscara de face, estando esta ligada a um analisador de gases respirados. Uma cinta ao redor do tronco será utilizada para medir os batimentos cardíacos. Um medidor digital de pressão arterial e de temperatura de ouvido será usado para obter os valores de pressão arterial sistólica e diastólica e de temperatura corporal. Pequenas amostras de sangue (25ul) serão coletadas a cada 3 minutos do lóbulo da orelha até o término do teste. Nestes testes serão determinados índices funcionais aeróbicos, máximos e submáximos, dentre os quais: consumo máximo de oxigênio ( $VO_{2MAX}$ ) e o primeiro limiar de transição fisiológica (L1).

Em uma segunda visita ao LAEF será realizado o teste constante de ciclismo indoor. Durante o teste serão mensuradas algumas medidas cardiorrespiratórias, de lactato sanguíneo, de temperatura corporal, de pressão arterial, de percepção subjetiva de esforço e, antes e após o teste, medidas

bioquímicas (noradrenalina, testosterona, cortisol, aldosterona e da creatina quinase). Para obter tais medidas você será conectado a um sistema que consiste em uma máscara de face, estando esta ligada a um analisador de gases respirados. Uma cinta ao redor do tronco será utilizada para medir os batimentos cardíacos.

As pequenas amostras de sangue (25ul) serão coletadas no décimo minuto e ao final do teste para determinar a concentração de lactato. Um profissional de enfermagem, treinado e qualificado, coletará as amostras de 5ml de sangue da veia cubital para determinar as medidas bioquímicas.

A temperatura corporal será mensurada utilizando-se um termômetro digital e a pressão arterial será mensurada com um instrumento digital. Neste teste serão determinados índices funcionais aeróbicos, dentre os quais: ventilação pulmonar (VE) e o tempo de exaustão (TE).

Os dois testes subsequentes, serão realizados na piscina do Centro de Desportos da UFSC, com horário devidamente agendado, de maneira que os testes devem ser agendados com no máximo uma semana de distância entre eles. Os testes seguirão as mesmas condições dos testes incremental e constante realizados no ciclismo indoor, porém deverão ser realizados em bicicleta aquática (ciclismo aquático).

O protocolo incremental de ciclismo aquático iniciará em 40RPM e a intensidade aumentará gradualmente. Nestes testes serão coletadas as medidas mencionadas nos testes de ciclismo indoor, seguindo os mesmos procedimentos metodológicos.

Os riscos relacionados com a sua participação referem-se a algum possível desconforto gerado pelo esforço máximo dos testes e à picada da agulha nas coletas de sangue do lóbulo da orelha e do cúbito.

A presente pesquisa pretende investigar o comportamento das respostas cardiorrespiratórias, metabólicas e de temperatura corporal com a finalidade de fornecer informações que auxiliem os profissionais que atuam nesta modalidade a prescreverem com mais segurança as sessões de aula, além de ajudar no esclarecimento dos mecanismos fisiológicos durante a prática de CA.

Além disso, os sujeitos participantes da pesquisa terão conhecimento sobre o seu nível atual de condicionamento aeróbio podendo utilizar os resultados no seu treinamento esportivo.

Para participar deste estudo você deve estar ciente de que irá realizar exercícios de alta intensidade e, por isso, não pode ter sido diagnosticado com doenças cardiorrespiratórias crônicas ou lesões musculoesqueléticas de membros inferiores.

Da mesma forma, deve estar ciente que existe a possibilidade de apresentar náuseas e vômito em decorrência do esforço, após a realização dos testes incrementais. As informações obtidas através desta pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação.



Você também receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço de e-mail do pesquisador assistente, podendo esclarecer as suas dúvidas sobre o projeto e sua participação a qualquer momento.

Agradecemos sua participação e colaboração!

#### CONTATOS DOS PESQUISADORES:

Patrícia Vieira Ramos

Email –[patriciavieiramos@yahoo.com.br](mailto:patriciavieiramos@yahoo.com.br)/ Tel: (048) 9947-2456

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cíntia de la Rocha Freitas

E-mail: [cintiadelarocha@gmail.com](mailto:cintiadelarocha@gmail.com)/ Tel.: (o48) 9983-4811

#### TERMO DE CONSENTIMENTO

Declaro que fui informado sobre os procedimentos da pesquisa e, que recebi de forma clara e objetiva todas as explicações pertinentes ao projeto e, que todos os dados ao meu respeito serão sigilosos. Eu compreendo que neste estudo, as medições dos procedimentos/ experimentos serão feitos em mim. Declaro que fui informado que posso me retirar do estudo a qualquer momento. Dessa forma, autorizo a utilização dos dados deste teste para fins de pesquisa, bem como a divulgação de seus resultados por meio de qualquer meio de divulgação, desde que seja assegurado o anonimato.

Nome por extenso: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

Florianópolis, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Cíntia de la Rocha Freitas (Orientadora): \_\_\_\_\_

Pesquisadora Prof<sup>ª</sup>. Patrícia Vieira Ramos: \_\_\_\_\_



## ANEXO 2

### QUESTIONÁRIO PAR-Q

Este questionário, proposto pela pelo American College of Sports Medicine, tem como objetivo a detecção de risco cardiovascular e é considerado um padrão mínimo de avaliação pré-participação, uma vez que uma resposta positiva sugere a avaliação médica e o cancelamento dos testes.

- 1) Alguma vez um médico lhe disse que você possui um problema do coração e recomendou que só fizesse atividade física com supervisão médica? ( ☐ ) Sim ( ☐ ) Não
- 2) Você sente dor no peito causada pela prática de atividade física? ( ☐ ) Sim ( ☐ ) Não
- 3) Você sentiu dor no peito no ultimo mês? ( ☐ ) Sim ( ☐ ) Não
- 4) Você já perdeu a consciência ou caiu como resultado de tonteira? ( ☐ ) Sim ( ☐ ) Não
- 5) Você tem algum problema ósseo ou muscular que poderia ser agravado com a prática de atividade física? ( ☐ ) Sim ( ☐ ) Não
- 6) Algum médico já recomendou o uso de medicamento para a sua pressão arterial ou condição física? ( ☐ ) Sim ( ☐ ) Não
- 7) Você tem consciência, através da sua própria experiência ou aconselhamento médico, de alguma outra razão física que impeça sua prática de atividade física sem supervisão médica? ( ☐ ) Sim ( ☐ ) Não
- 8) Gostaria de comentar algum outro problema de saúde seja de ordem física ou psicológica que impeça a sua participação na atividade proposta?

### DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Estou ciente das propostas deste projeto de pesquisa e assumo a veracidade das informações prestadas no questionário “PAR Q”.

Nome: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_

DATA: \_\_\_\_/\_\_\_\_/ 2014



## ANEXO 3

MATERNIDADE CARMELA  
DUTRA/SC



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** RESPOSTAS CARDIORRESPIRATÓRIAS, METABÓLICAS E DE TEMPERATURA CORPORAL NO TEMPO DE EXAUSTÃO EM PROTOCOLO CONTÍNUO NO CICLISMO AQUÁTICO E NO CICLISMO INDOOR

**Pesquisador:** Cíntia de la Rocha Freitas

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 37143714.0.0000.0114

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 885.314

**Data da Relatoria:** 13/11/2014

**Apresentação do Projeto:**

Trata-se de projeto de dissertação do Programa de Pós Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina, da mestranda Patrícia Vieira Ramos, sob orientação da Profa. Dra. Cíntia de La Rocha Freitas, com co-orientação do Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo. Será desenvolvido no Centro de Desportos (CDS) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sendo recrutados 20 sujeitos do sexo masculino praticantes de atividade física.

A pesquisa será de natureza aplicada, pois fornecerá informações sobre a prescrição de exercício em CA e utilizará uma abordagem quantitativa para comparar os resultados de um protocolo de teste incremental em CA com os resultados em CI. Quanto aos procedimentos técnicos, esta pesquisa será empírica do tipo descritiva correlacional, pois visa investigar em que medida as alterações nas variáveis no CI correspondem às alterações nas variáveis no CA (Santos e col, 2011). Para participação nos testes propostos neste projeto de pesquisa, os sujeitos serão informados sobre os riscos e benefícios de sua participação e deverão assinar o termo de consentimento livre e esclarecido

**Objetivo da Pesquisa:**

Identificar e comparar as respostas cardiorrespiratórias e metabólicas durante a realização de PC

**Endereço:** Rua Irmã Benwarda 208

**Bairro:** Centro

**CEP:** 88.015-270

**UF:** SC

**Município:** FLORIANÓPOLIS

**Telefone:** (48)3251-7626

**Fax:** (48)3251-7626

**E-mail:** cep\_mod@hotmail.com

## MATERNIDADE CARMELA DUTRA/SC



Continuação do Parecer: 865.314

de CA e de CI realizados na intensidade do 50 do VO2MAX até a exaustão voluntária.

### Objetivos Específicos

Determinar o Delta 50 do VO2MAX em PI de CA e de CI.

Determinar e comparar as respostas fisiológicas de FC, VE, PSE, [La], TC, CK-NAC, Cortisol, Testosterona, LDH e o TE obtidas durante o PC de CA e de CI, realizado na intensidade correspondentes ao 50 do VO2MAX até a exaustão voluntária.

Analisar a validade dos resultados obtidos no PC de CA.

### Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos da pesquisa foram acrescentados no corpo do trabalho e no TCLE.

### Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa apresenta-se bem estruturado, embasado cientificamente e com temática justificável. Os procedimentos metodológicos estão descritos de forma detalhada, deixando claro onde serão selecionados os participantes. Os pesquisadores indicam que os sujeitos devem estar aptos para a realização de atividade de alta intensidade, praticantes de atividades físicas pelo menos 3 vezes por semana, pelo mínimo de 6 meses.

### Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória estão de acordo

### Recomendações:

Recomendamos ao pesquisador que desenvolva esta pesquisa, na forma que foi apresentada e avaliada por este Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-MCD). Quaisquer alterações que vierem a ocorrer, devem ser imediatamente informadas ao CEP-MCD, indicando a parte do protocolo de pesquisa que foi alterada, acompanhada das justificativas para tal alteração.

### Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

### Situação do Parecer:

Aprovado

### Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Rua Imã Benwarda 208

Bairro: Centro

CEP: 88.015-270

UF: SC

Município: FLORIANÓPOLIS

Telefone: (48)3251-7626

Fax: (48)3251-7626

E-mail: cep\_mcd@hotmail.com

MATERNIDADE CARMELA  
DUTRA/SC



Continuação do Parecer: 865.314

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Caso ocorram modificações do projeto original no decorrer da pesquisa, estas deverão ser submetidas a este CEP na forma de Emenda, identificando a parte do protocolo a ser modificado com a justificativa.

Encaminhar para este CEP relatórios trimestrais para acompanharmos o andamento da pesquisa até o encerramento da mesma. Notificar este CEP assim que a pesquisa for encerrada.

FLORIANOPOLIS, 10 de Novembro de 2014

---

Assinado por:

Adriana Heberle  
(Coordenador)

Endereço: Rua Imã Benwarda 208

Bairro: Centro

CEP: 88.015-270

UF: SC

Município: FLORIANOPOLIS

Telefone: (48)3251-7626

Fax: (48)3251-7626

E-mail: cep\_mcd@hotmail.com